UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Manual de diseño de estructuras de madera referenciado al Eurocódigo 5

Trabajo de megaproyecto presentado por Giovanni Andrés Castillo Mazariegos, Walter Edilzar Ramírez Toledo y Esgrid Esteban Sikahall Urízar para optar el grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil; María Alejandra García Guerra, Melissa Melville Lima, Paola Sempé Bran, Eduardo Ernesto González Gómez y José Rodrigo Luján Pineda para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial; y Juan Manuel González Cardona, Cynthia Mariana Espinoza Martínez para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química

Guatemala
2011

Manual de diseño de estructuras de madera referenciado al Eurocódigo 5

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Manual de diseño de estructuras de madera referenciado al Eurocódigo 5

Trabajo de megaproyecto presentado por Giovanni Andrés Castillo Mazariegos, Walter Edilzar Ramírez Toledo y Esgrid Esteban Sikahall Urízar para optar el grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil; María Alejandra García Guerra, Melissa Melville Lima, Paola Sempé Bran, Eduardo Ernesto González Gómez y José Rodrigo Luján Pineda para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial; y Juan Manuel González Cardona, Cynthia Mariana Espinoza Martínez para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química

Guatemala
2011

Vo. Bo. :

(f) _____

(Arq. María Elena Ortiz)

Asesor

Tribunal Examinador:

(f) _____

(MBA Roberto Godö Levensen)

(f) _____

(Ing. Estuardo Sierra)

(f) _____

(MSc. Gamaliel Zambrano)

Fecha de aprobación: Guatemala 29 de noviembre de 2011.

PREFACIO

El Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad del Valle de Guatemala ha trabajado y desarrollado el tema de la madera como material de construcción en Guatemala y continuando con este concepto, el presente texto fue desarrollándose en diferentes etapas que culminaron en un manual de diseño de estructuras de madera, un manual de buenas prácticas para el sector forestal, un diagnóstico global de la industria del sector forestal en Guatemala y un análisis de los métodos de tratamiento de la impregnación de madera con boratos. Este material ha de servir tanto al constructor como a todo aquel involucrado en la industria maderera desde su obtención como materia prima, hasta su utilización en un producto final.

Este proyecto se realizó gracias al apoyo de la Universidad del Valle de Guatemala, el Clúster Forestal, la Asociación de Exportadores de Guatemala, la Gremial Forestal, el Instituto Nacional de Bosques, el Consejo Nacional de Áreas Protegidas, la Comisión de Fabricantes de Muebles, la División de Protección de la Naturaleza de la Policía Nacional Civil y a diversas empresas del sector privado quienes nos compartieron su experiencia dentro del sector, facilitaron la recopilación de información, visitas de campo y entrevistas.

CONTENIDO

PREFACIO…..……..…..iv

LISTA DE TABLAS…….xvi

LISTA DE FIGURAS……..……xxii

LISTA DE GRÁFICAS…….…xxxix

RESUMEN…….……xl

1. INTRODUCCIÓN……1

2. JUSTIFICACIÓN…….……3

3. OBJETIVOS…….……5

4. LA MADERA ESTRUCTURAL 6

4.1 Introducción..... 6

4.2 Tipos de madera..... 7

4.3 Estructura de la madera 7

4.4 Características naturales de la madera estructural 8

4.5 Tamaño de las secciones..... 17

4.6 Productos fabricados de madera PFM 18

4.7 Tratamiento conservante para la madera 20

4.8 Propiedades de algunos PFM..... 21

5. INTRODUCCIÓN A LOS EUROCÓDIGOS 27

5.1 Introducción..... 27

5.2 Euro código 0: Bases del diseño estructural 27

5.3 Eurocódigo 5: Diseño de estructuras de madera: Generalidades..... 55

6. DISEÑO DE MIEMBROS SUJETOS A FLEXIÓN..... 67

6.1 Introducción..... 67

6.2 Consideraciones de diseño 68
6.3 Valor de diseño del efecto de las acciones 69
6.4 Luz de la viga 69
6.5 Diseño para estados limites últimos (ELU) 70
6.6 Diseño para los estados límite de servicio (ELS) 102
6.7 Ejemplos detallados 114
7. DISEÑO DE MIEMBROS SUJETOS A CARGAS AXIALES Y FLEXIONANTES 125
7.1 Introducción 125
7.2. Consideraciones de diseño 125
7.3. Diseño de miembros sujetos a acciones axiales 127
7.4. Miembros sujetos a flexión y carga axial combinados 147
7.5 Diseño de muros entramados 154
8. DISEÑO DE MIEMBROS LAMINADOS ENCOLADOS 168
8.1. Introducción 168
8.2. Consideraciones de diseño 168
8.3. General 170
8.4. Diseño de miembros de madera laminada encolada (y laminada contrachapada) 181
9. DISEÑO DE SECCIONES COMPUESTAS Y BASADAS EN MADERA. 205
9.1 Introducción 205
9.2 Consideraciones de diseño 206
9.3 Diseño de secciones encoladas compuestas 207
9.4 Ejemplos Detallados 239
10. DISEÑO DE COLUMNAS ARMADAS 258
10.1. Introducción 258
10.2. Consideraciones de diseño 258

10.3. Generalidades 259
10.4 Rigidez de la flexión de columnas armadas 260
10.5 Carga axial y momento combinados 284
10.6. Efecto del flujo plástico al estado límite último ELU 284
11.. DISEÑO DE DIAFRAGMAS: MUROS, PISOS Y ARRIOSTRAMIENTOS 292
11.1. Introducción 292
11.2. Consideraciones de diseño 293
11.3. Arriostramiento lateral 294
11.4. Diafragmas de piso y de techo 306
11.5. *R*esistencia al cizallamiento de muros bajo cargas horizontales y verticales 309
12. CONEXIONES 329
12.1. Introducción 329
12.2. Criterios para diseñar detallado de conexiones 329
12.3. Tipos de clavos, pernos, sujetadores y tirafondos 331
12.4. Aplicaciones, diferentes tipos de conexiones 335
12.5. Conectores metálicos 336
13. ENTORNO POLÍTICO INSTITUCIONAL 339
13.1.Antecedentes 339
13.2.Políticas sectoriales e intersectoriales 341
13.3. Ley Forestal 344
14. ENTIDADES Y ACTORES 345
14.1.Gubernamentales 346
14.2. No Gubernamentales 348
15. REFERENCIA FORESTAL MUNDIAL 349
15.1.Nivel Global 349

15.2.Nivel Nacional 354
15.3.MIPYMES 358
15.4.Percepción general y expectativa del sector forestal 360
16. PRINCIPALES PROBLEMAS EN EL SECTOR 363
16.1.Entorno general de conservación forestal 363
16.2.Causas 364
16.3.Problemas generados 365
17.IMPORTANCIA Y POTENCIAL DEL SECTOR 389
17.1. Productos forestales maderables 389
17.2.Productos forestales no maderables 390
17.3.Servicios forestales 391
17.4.Fuente de ingresos y generación de riqueza y empleos 391
17.5. Potencial productivo 393
18. ASPECTOS SOCIALES Y CULTURALES 395
18.1. Interés de los actores 395
18.2. Generación de empleo 396
18.3. Aumento de la población 396
18.4. Cultura forestal 397
19. VISIÓN A FUTURO DEL SECTOR FORESTAL 399
19.1. Escenario optimista 399
19.2. Escenario probable 410
19.3. Escenario pesimista 416
20. ESTRATEGIAS DEL SECTOR FORESTAL 420
20.1. Áreas sustantivas 420
20.2. Conservación del bosque y reforestación 422

20.3. Fomento de sistemas forestales 428
20.4. Infraestructura y tecnología 432
20.5. Métodos de producción 433
20.6. Incremento a calidad de producto final 434
20.7. Mercadeo y comercialización 435
20.8. Política y leyes 439
20.9 Fortalecimiento de instituciones involucradas 440
20.10. Estrategias educativas e informativas 445
20.11. Estrategias de competitividad 446
20.12. El recurso humano 447
21. DESAFÍOS Y PRIORIDADES DEL SECTOR 448
21.1. Desafíos generales para la aplicación 448
21.2. Estructuras gubernamentales e institucionales de ejecución 449
21.3. Condiciones esenciales para el cumplimiento de las estrategias 451
21.4. Control y metas del sector forestal 451
21.5. Participación social 453
21.5. Participación social 453
22. APORTE ACORDE A LAS ESTRATEGIAS 455
22.1. Planteamiento de estudio de mercado 455
22.2. Investigación de mercado 456
22.3. Oportunidades de mercado en muebles de madera 466
22.4. Productos de madera tropical 467
22.5. Determinación de la demanda 470
22.6. Segmentación de mercado 473

22.7. Posicionamiento del mueble 476
22.8. Estudio de planta de fábrica de escritorios tallados 478
22.9. Descripción del proceso 481
22.10. Instalaciones de la planta 482
22.11. Anticipación a problemas potenciales 486
22.12. Bodega de madera y productos terminados 487
22.13. Empleados 487
22.14. Planos 488
23. ASPECTOS A TOMAR EN CUENTA PARA MONTAR UN NEGOCIO FORESTAL 489
23.1. Georeferenciar 489
23.2. Verificar ubicación. 493
23.3. Establecimiento legal de la empresa. 500
23.4. Registrar la empresa 505
24. SELECCIONAR LA ESPECIE A SEMBRAR 516
24.1. Ubicación del terreno: clasificación del bosque 516
24.2. Origen y características del suelo 521
24.3. Semillas 527
24.4. Selección de la especie 530
24.5. Productos que se puede obtener del bosque 532
24.6. Establecimiento de la plantación 533
25. ESTUDIO DE CAPACIDAD DE USO DE TIERRA 550
25.1. Inventario Forestal 550
25.2. Estudio de capacidad 552
25.3. Cumplimiento del plan 554
25.4. Parceles de muestreo 558

25.5. Prácticas de manejo de bosque natural 559
25.6. Prácticas de manejo de plantaciones..... 562
26. CORTE DE LA MADERA..... 579
26.1. Maquinaria de corte 579
26.2. Herramientas de corte 590
26.3. Inscripción de la maquinaria a utilizar..... 594
26.4. Tipos de cortes según la madera 597
26.5. Cubicación de la madera..... 611
27. TRANSPORTE DE BOSQUE A ASERRADERO 620
27.1. Documentos legales de transporte 621
27.2. Horarios de transporte y tamaño de camiones autorizados..... 625
27.3. Ilegalidad de la madera..... 625
28. TRANSPORTE DE PRODUCTOS INTERMEDIOS..... 626
28.1. Documentos legales de transporte 627
28.2. Horarios de transporte y tamaño de camiones autorizados..... 633
28.3. Ilegalidad de la madera..... 633
29. ASERRÍO 635
29.1. Diseño de proceso eficiente para aprovechamiento de la troza…….....635
29.2. Clasificación de la madera……..641
29.3. Defectos de la madera……..646
29.4. Maquinaria y equipo……...….659
29.5. Afilado y mantenimiento de la maquinaria…….676
29.6. Curado de la madera……....682
29.7. Secado de madera……....684
29.8. Almacenamiento de la madera…….....697

29.9. Medidas mínimas de seguridad……..699

30. TRANSPORTE DE ASERRADERO A FÁBRICA 711

30.1. Inspección durante el Transporte 711

30. 2. Consumos familiares 712

30. 3. Documentos 712

30. 4. Control de ingresos y egresos de las empresas forestales 714

30. 5. Alteración de documentos 715

30. 6. Incumplimientos 715

30. 7. Horarios de Circulación de Transporte Pesado 715

31. ELABORACIÓN DE PRODUCTOS CON VALOR AGREGADO 717

31.1. Forma parte de la industria forestal en Guatemala 717

31.2. El producto obtenido de la madera 718

31.3. Documentar ingreso de la madera según requerimientos del INAB 719

31.4. Hoja de ruta (Orden de trabajo) 720

31.5. Diseño de línea de producción según el producto requerido 723

31.6. Cuantificación y clasificación de la madera 731

31.7. Medición de humedad 735

31.8. Afilado y mantenimiento de las máquinas de valor agregado 736

31.9. Elaboración de uniones y empalmes de piezas de madera 746

30.10. Armado de muebles de madera 755

31.11. Medidas de seguridad 771

31.12. Aplicación de acabados 780

31.13. Empaques 788

32. EXPORTACIÓN 798

32.1. Inscribirse como exportador 799

32.2. Trámites de licencia 803
32.3. Solicitud de exportación 803
32.4. Documentación de la carga 804
32.5. Fumigaciones en caso de embalaje 809
32.6. Normativa legal 812
33. CERTIFICACIÓN 814
33.1. FSC (ForestStewardship Council / Consejo de Manejo Forestal) 817
33.2. PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification)…….. 824
33.3. SFI (Sustainable Forest Initiative) 828
33.4. ISO (Organización Internacional de Estandarización) 834
33.5. Operador Económico Autorizado (OEA) Guatemala 839
34. RESPONSABILIDAD SOCIAL 841
34.1. Definición 841
35. RESPONSABILIDAD AMBIENTAL ..... ……848
35. 1. Importancia del bosque……...……....849
35. 2. Conservación de los bosques……...…...854
35. 3. Marco legal y político……858
35. 4. Programas y proyectos……859
35. 5. Deforestación……..868
35. 7. Protección del bosque……871
36. PRESERVANTES PARA MADERA.. …….....…….877
36.1. Requisitos de un preservante …….……877
36.2. Tipos de preservantes..……...880
37. IMPREGNACIÓN DE MADERA CON CCA (Cobre Cromo Arsénico)…… .....…899
37.1Equipo e infraestructura……...……900

37.2 Preparación de la solución……...……..…….900
37.3. Proceso de impregnación……...…….……901
38. IMPREGNACIÓN DE MADERA CON BORATOS…….905
38.1.Boratos para preservar madera ……..906
38.2.La preservación de madera con boratos por el método de difusión……908
38.3.Uso de madera preservada con boratos (Velásquez, 1993)…….910
38.4.Permanencia de los boratos en la madera preservada ……....911
38.5.Aplicación del método de boratos…….. …….911
38.6.Tablas para la adaptación del método con boratos……922
39.ASPECTOS GEOGRAFICOS PARA EL TRATAMIENTO CON BORATOS.....……..923
39.1. Zona climática ……923
39.2. Humedad relativa…….. …….923
39.3. Temperatura…….....…….924
39.4. Brillo solar…….……..924
39.5. Días de lluvia ……925
40. MÉTODO PARA PRUEBAS COLORIMÉTRICAS…….…….926
40.1.Preparación de las soluciones para prueba colorimétrica (Velásquez, 1993)….. ....….926
40.2 Procedimiento para la realización de la prueba (Velásquez, 1993)…….....….927
41. PRUEBACOLORIMÉTRICA Y EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO ……...929
41.1. Datos obtenidos de las pruebas y análisis……...…….929
41.2. Cálculo de muestra…… …….941
41.3. Análisis de error…….…….944
41.4. Datos calculados…….....…….946
41.5. Imágenes de la experimentación…….....…….951
42. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA PRUEBA……..….970

42.1.Resultados……..…….970

42.2. Discusión……972

43. GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS EN IMPREGNACIÓN CON BORATOS…….…….980

43.1. Propósito…….980

43.2. Alcance……...980

43.3. Caracterización del preservante…… …….980

43.4. Hojas de salud y seguridad…… …….998

44. CONCLUSIONES…….....1004

45. RECOMENDACIONES…….…...1006

46. BIBLIOGRAFÍA……....…...1008

47. REFERENCIAS DE INTERNET……...…...1013

48. GLOSARIO…….…...1015

49. NOMENCLATURA……...…...1037

50. APÉNDICE…….…...1045

50.1. APÉNDICE —Capítulo 16……....…...1045

50.2. APÉNDICE —Capítulo 21……....…...1067

50.3. APÉNDICE —Capítulo 23……...1082

50.4. APÉNDICE —Capítulo 24……....…...1096

50.5. APÉNDICE —Capítulo 26……....…...1111

50.6. APÉNDICE —Capítulo 27……....…...1118

50.7. APÉNDICE —Capítulo 31……...1122

50.8. APÉNDICE —Capítulo 32……...1125

50.9. APÉNDICE —Capítulo 35……...1133

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Efecto de la desviación de la veta en las propiedades de resistencia de la madera 9
Tabla 2. Densidad de la madera contrachapada 21
Tabla 3. Resistencia y propiedades para clases de resistencia de madera estructural. 21
Tabla 4. Resistencia y propiedades de madera contrachapada estructural americana y sueca. 22
Tabla 5. Resistencia y propiedades de madera contrachapada estructural americana y sueca. 23
Tabla 6. Madera contrachapada de Finlandia; propiedades de resistencia y rigidez. 24
Tabla 7. Madera contrachapada de coníferas de Finlandia con chapas delgas. 25
Tabla 8. Propiedades de madera contrachapada de madera suave canadiense 26
Tabla 9. Valores mínimos para β 29
Tabla 10. Valores para factores de Ψ* 36
Tabla 11. Definiciones 42
Tabla 12. Valores de k_{mod} 44
Tabla 13. Coeficientes del EC5 para considerar el efecto del tamaño del miembro 45
Tabla 14. Coeficientes parciales de propiedades y resistencia del material 45
Tabla 15. Coeficientes de modificación que afectan los valores de diseño en EC5 47
Tabla 16. Valores de diseño para acciones para los estados límites EQU y RES 51
Tabla 17. Valores de diseño de acciones para acciones accidentales 51
Tabla 18. Valores de clase de servicio 1, 2 ó 3 k_{def} 56
Tabla 20. Requerimientos de diseño para miembros a flexión y los estados límite EC5. 67
Tabla 21. Relación de “longitud efectiva” con respecto a la luz de la viga 81
Tabla 22. Valores de k_{crit} para vigas con una desviación inicial* 83
Tabla 23. Valor de k_{crit} × la resistencia a flexión característica* 85
Tabla 24. Coeficientes de esfuerzo (k_2) y rotación (k_2)* 100
Tabla 25. Orientación sobre los valores limitantes para deflexiones verticales 103
Tabla 26. Deflexión por flexión y coeficientes de amplificación por corte* 106
Tabla 27. Requisitos principales de diseño y los estados límite asociados del EC5 127

Tabla 28. Longitud efectiva en miembros a compresión 130
Tabla 29. Valores para $k_{c,y}$ o $k_{c,z}\beta_c$= 0.2* 137
Tabla 30. Valores para $k_{c,y}$ o $k_{c,z}\beta_c$= 0.2* 138
Tabla 31. Valores para $k_{c,y}$ o $k_{c,z}\beta_c$= 0.2* 139
Tabla 32. Valores para $k_{c,y}$ o $k_{c,z}$ con β_c= 0.1* 140
Tabla 33. Valores para $k_{c,y}$ o $k_{c,z}\beta_c$= 0.1* 141
Tabla 34. Valores para $k_{c,y}$ o $k_{c,z}\beta_c$= 0.1 142
Tabla 35. Requerimientos de diseño para MLE y sus estados límite según EC5 170
Tabla 36. Propiedades de resistencia, rigidez y densidad 173
Tabla 37. Propiedades de resistencia, rigidez y densidad 174
Tabla 38. Ejemplos de vigas encajonadas que cumplen con Tabla 36 175
Tabla 39. Posición y valor del esfuerzo flector máximo 184
Tabla 40. Volumen esforzado en la zona del vértice 193
Tabla 41. Deformación por corte y flexión de vigas 230
Tabla 42. Valores máximos para anchos efectivos de patín 232
Tabla 43. Valores para K_{ser} para conectores en conexiones sobre maderas 261
Tabla 44. Rigidez efectiva a la flexión respecto al eje *y-y*. 266
Tabla 45. Factor de conexión η* 276
Tabla 46. Requerimientos principales de diseño para arriostramiento y diafragmas 294
Tabla 47. Organizaciones gubernamentales 347
Tabla 48. Organizaciones no gubernamentales 348
Tabla 49. Producción latinoamericana 350
Tabla 50. Área forestal Centroamérica y Caribe 353
Tabla 51. Definición de superficie boscosa Guatemala 365
Tabla 52. Población que consume leña en Guatemala 369
Tabla 53. Pérdida de bosque por incendios 371
Tabla 54. Categoría de áreas forestal 372
Tabla 55. No maderables extraídos en el período 1998-2001 375
Tabla 56. Exportación sin pulpa y papel 2009 379
Tabla 57. Monto acumulado PFNM en Veracruz 1996-2005 390

Tabla 58. Potencial productivo de los bosques 394
Tabla 59. Distribución de la cobertura boscosa por departamento 394
Tabla 60. Variación de la superficie del bosque natural 394
Tabla 61. Modalidad de administración de áreas protegidas 425
Tabla 62. Pago de incentivos de acuerdo al año 426
Tabla 63. Programas forestales en hectáreas 427
Tabla 64. Principales puertos de carga en Guatemala 458
Tabla 65. Importaciones a Estados Unidos de América 460
Tabla 66. Dinamismo porcentual de importaciones por estado 465
Tabla 67. Importaciones de bienes a EEUU de acuerdo a uso 470
Tabla 68. Importaciones y exportaciones en EEUU 471
Tabla 69. Importaciones de acuerdo a destino 472
Tabla 70. Ingreso por edad en EEUU 476
Tabla 71. Ponderación de factores para decisión de localización 481
Tabla 72: Humedales de Guatemala 500
Tabla 73: Establecimiento legal de la empresa 500
Tabla 74: División de persona individual 502
Tabla 75: División de la persona jurídica 503
Tabla 76: División de sociedades 503
Tabla 77: Clasificación de árboles en Guatemala 516
Tabla 78: Características claves del suelo 523
Tabla 79: Productos que obtenemos del bosque 532
Tabla 80: Incentivos del PINFOR 534
Tabla 81: Incentivos por protección 534
Tabla 82: Incentivos para producción 535
Tabla 83: Incentivo por regeneración natural 536
Tabla 84: Incentivos para protección 541
Tabla 85: Montos de incentivo por protección 541
Tabla 86: Incentivos por plantaciones 542
Tabla 87: Incentivos para sistemas agroforestales 542

Tabla 88: Dimensiones de parcelas según el tamaño y la forma 559
Tabla 89: Tipos de Licencias Forestales.....576
Tabla 90: Identificación de partes de la motosierra 580
Tabla 91: Rebaje según cilindraje y características de la madera.....583
Tabla 92: Conversiones de las medidas más utilizadas 619
Tabla 93: Clasificación según el tamaño 646
Tabla 94: Corriente de aire según la especie 690
Tabla 95: Ejemplos de amueblados 718
Tabla 96: Ejemplo módulos fijos.....719
Tabla 97: Estructura de la hoja de una ruta 721
Tabla 98: Causas de errores de medición de humedad 735
Tabla 99: Código que identifica el tratamiento.....811
Tabla 100: Duración del tratamiento según las características 811
Tabla 101: Resumen de requisitos de un preservante..... 880
Tabla 102: Composición de tres diferentes tipos de CCA..... 882
Tabla 103: Parte 1, Preservantes para madera contra efectos de agua..... 886
Tabla 104: Parte 2,Preservantes para madera contra efectos de agua..... 887
Tabla 105: Preservantes tipo aceite para madera..... 896
Tabla 106: Parte 1,Retención mínima neta para tratamientos preservantes 897
Tabla 107: Parte 2, Retención mínima neta para tratamientos preservantes 898
Tabla 108 Semanas de empaque necesarias según el grosor de la madera tratada..... 913
Tabla 109 Cantidades de boratos para la preparación de soluciones..... 915
Tabla 110 Tratamiento por inmersión según la clase de madera..... 916
Tabla 111 Piezas aserradas a tratar con 10 galones de solución por inmersión..... 917
Tabla 112 Piezas rollizas que se pueden tratar con 10 galones de solución por inmersión... 918
Tabla 113 Cantidades de boratos para la preparación de soluciones..... 919
Tabla 114 Tratamiento con brocha para madera aserrada o rolliza 920
Tabla 115 Piezas rollizas a con 5 galones de solución por inmersión 920
Tabla 116 Piezas aserradas que a tratar con 5 galones de solución por inmersión..... 921
Tabla 117 Concentración y temperatura de solución según el grosor de madera..... 922

Tabla 118 Borato necesario para prepara 1000L de solución según la concentración 922
Tabla 119 Humedad promedio de los últimos años. 923
Tabla 120 Temperatura media en de los últimos años en grados centígrados 924
Tabla 121 Promedio anual de brillo solar 924
Tabla 122 Promedio anual de días lluviosos 925
Tabla 123 Retención aproximada de ácido bórico equivalente (ABE) en la madera 928
Tabla 124 Peso sin tratamiento cubos del duramen de pino 929
Tabla 125 Peso sin tratamiento cubos de la albura de pino 929
Tabla 126 Continúa 930
Tabla 127 Continúa 930
Tabla 128 Continúa 931
Tabla 129 Continúa 931
Tabla 130 Peso sin tratamiento para los cubos de ciprés 932
Tabla 131 Peso cubos de duramen de pino con tratamiento 932
Tabla 132 Peso cubos de albura de pino con tratamiento 933
Tabla 133 Continúa 933
Tabla 134 Continúa 934
Tabla 135 Continúa 934
Tabla 136 Continúa 935
Tabla 137 Peso cubos de ciprés con tratamiento 935
Tabla 138 Resultados pruebas colorimétricas en los cubos de duramen de pino 936
Tabla 139 Resultados pruebas colorimétricas en cubos de albura de pino 936
Tabla 140 Continúa 937
Tabla 141 Continúa 938
Tabla 142 Continúa 939
Tabla 143 Resultados pruebas colorimétricas en cubos de ciprés 940
Tabla 144 Resultado pruebas microbiológicas para los cubos sin tratamiento 940
Tabla 145 Resultado pruebas microbiológicas para los cubos tratados 940
Tabla 146 Datos adsorción de borato de los cubos de duramen de pino 944
Tabla 147 Datos adsorción de borato de los cubos de albura de pino 945

Tabla 148 Datos adsorción de borato de los cubos de ciprés 945
Tabla 149 Borato adsorbido cubos de duramen de pino 946
Tabla 150 Borato adsorbido cubos de albura de pino 946
Tabla 151 Continúa 947
Tabla 152 Continúa 947
Tabla 153 Continúa 948
Tabla 154 Continúa 948
Tabla 155 Borato adsorbido cubos de ciprés 949
Tabla 156 Masa perdida después prueba microbiológica cubos sin tratar 949
Tabla 157 Masa perdida después prueba microbiológica cubos tratados 949
Tabla 158 Resultados adsorción de borato cubos de duramen de pino 970
Tabla 159 Resultados adsorción de borato cubos de albura de pino 970
Tabla 160 Resultados adsorción de borato cubos de ciprés 970
Tabla 161 Costo del tratamiento por método de boratos por pie tablar 970
Tabla 162 Resultado pruebas colorimétricas cubos de duramen de pino 971
Tabla 163 Resultado pruebas colorimétricas cubos de albura de pino 971
Tabla 164 Resultado pruebas colorimétricas cubos de ciprés 971
Tabla 165 Resultado de las pruebas microbiológicas cubos sin tratar 971
Tabla 166 Resultado de las pruebas microbiológicas cubos tratados 972
Tabla 167: Equipo de protección para proceso de impregnación de madera con boratos 994
Tabla 168: Efectos del ácido bórico 999
Tabla 169: Consideraciones tóxicas del ácido bórico 1000
Tabla 170: Efectos del ácido bórax 1002
Tabla 171 : Consideraciones tóxicas del bórax 1003

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sección transversal del tronco de un árbol 8
Figura 2. Madera de compresión (parte oscura) 11
Figura 3. Ejemplos de desglosamiento de troncos y patrones de corte 13
Figura 4. Distorsión de varias secciones transversales 14
Figura 5. Relación general entre la resistencia y/o rigidez y el contenido de humedad 15
Figura 6. Defectos en la madera 16
Figura 7. Análisis lineal de primer y segundo orden 38
Figura 8. Relaciones alternativas de esfuerzo-deformación 39
Figura 9. Comportamiento plástico rígido 39
Figura 10. El efecto del contenido de humedad en la resistencia a compresión 43
Figura 11. Ejes de miembros 55
Figura 12. Deformación (u_{inst}, $u_{fluencia}$ lenta) 55
Figura 13. Conexión de dos elementos con diferente comportamiento en el tiempo 59
Figura 14. Ejemplos de miembros a flexión 68
Figura 15. Luz de la viga 70
Figura 16. Sección transversal de una viga rectangular 72
Figura 17. Condiciones de la viga del Ejemplo 6.1 74
Figura 18. Pandeo lateral torsional de una viga sujeta a momentos uniformes 77
Figura 19. Porcentaje sobrestimado del momento crítico elástico 80
Figura 20. Valor de k_{rel} para diferentes valores de λ_{rel}, m 84
Figura 21. Sección con muescas sujeta a flexión 86
Figura 22. Ejemplos de la provisión de soporte lateral. 87
Figura 23. Componentes del esfuerzo de corte en un miembro 88
Figura 24. Viga rectangular, en el soporte: (a) sin muesca, (b) con muesca 91
Figura 25. Viga con una muesca en el extremo. 91

Figura 26. (a) Situación de corte por torsión, (b) Sección deformada. 93
Figura 27. Ejes principales de la madera. (a) tronco (b) cubo de madera. 94
Figura 28. Falla por esfuerzo de soporte (compresión, perpendicular a la veta) 96
Figura 29. Viga sobre soportes. 97
Figura 30. Esfuerzo de soporte en una viga sobre un soporte continúo con h/b $\geq$ 2.5 98
Figura 31. Componentes de la deflexión (basado en la Figura 7.1 en EC5). 103
Figura 32. Viga con carga distribuida 115
Figura 33. Carga distribuida y carga puntual sobre viga 118
Figura 34. Ejemplos de columnas, pies derechos y muros portantes 126
Figura 35. Compresión axial 128
Figura 36. Pandeo de una columna 128
Figura 37. Viga de sección rectangular 129
Figura 38. Longitud efectiva y condiciones de bordes 131
Figura 39. Curva de esfuerzo vs deformación 131
Figura 40. Reducción de resistencia vs. relación de esbeltez* 132
Figura 41. Resistencia a compresión con un ángulo α respecto a las fibras 144
Figura 42. Tensión axial 145
Figura 43. Cargas excéntricas 148
Figura 44. Diagramas de interacción para compresión axial y flexión combinados 149
Figura 45. Curva de interacción de fuerza axial y momento* 151
Figura 46. Curva de interacción de fuerza axial y momento* 151
Figura 47. Diagramas de interacción: carga axial y flexión combinada para el eje *y-y* 152
Figura 48. Comparación entre la ec. (7.24) (cuando $k_{crit} = 1$) y la ec. (7.23) 154
Figura 49. Muros con pies derechos durante su construcción. 154
Figura 50. Detalles de un muro de corte típico (aislamiento, membrana de cubierta) 155
Figura 51. Construcción típica de un muro de pies derechos 156
Figura 52. Deflexión de un muro bajo carga vertical y carga fuera del plano 161
Figura 53. Sección de viga rectangular con carga excéntrica 164
Figura 54. Ejemplos de estructuras laminadas encoladas 169
Figura 55. MLE horizontal y vertical 170

Figura 56. Miembros de madera laminada encolada homogénea y combinada 171
Figura 57. Perfil de viga MLE 176
Figura 58. Columna MLE 178
Figura 59. Vigas: a una y dos aguas, curva y a dos aguas con intradós curvo 182
Figura 60. Viga a un agua 182
Figura 61. Factor de reducción de resistencia k_m, α para MLE 186
Figura 62. Zonas del vértice sombreadas para cada tipo de viga 188
Figura 63. Esfuerzo radial y flector en la zona del vértice de una viga a dos aguas 189
Figura 64. Esfuerzos radiales y flectores en una viga curva 190
Figura 65. Perfil de miembro MLE 195
Figura 66. Columna MLE 199
Figura 67. Ejemplos de secciones compuestas de madera o basadas en madera 206
Figura 68. Uso de secciones de madera compuesta y basadas en madera 208
Figura 69. Secciones de alma delgada y esfuerzos de EC5 209
Figura 70. Sección transversal de la viga 218
Figura 71. Criterio del EC5 para calcular la resistencia del alma 221
Figura 72. Viga con patín delgado encolado 231
Figura 73. Ancho efectivo del patín 233
Figura 74. Viga de alma delgada 234
Figura 75. Sección transversal de la viga 240
Figura 76. Sección transversal de la viga 250
Figura 77. Ejemplos de columnas armadas 259
Figura 78. Columnas armadas típicas 259
Figura 79. Modelado de interfaces de deslizamiento 262
Figura 80. Perfiles de columnas armadas donde aplican las reglas del EC5 263
Figura 81. Elevación de la columna armada 272
Figura 82. Construcción utilizando vigas insertadas entre columnas espaciadas. 273
Figura 83. Columnas espaciadas 275
Figura 84. Distribución de fuerza cortante y cargas en bloques y placas de conexión. 277
Figura 85. Columnas en celosía 278

Figura 86. Fuerzas de corte y arriostramiento 283
Figura 87. Dimensiones de columna armada 287
Figura 88. Arriostramiento lateral para miembros a compresión 293
Figura 89. Diafragmas de techo, piso y muro (para las cargas laterales que se muestran) 293
Figura 90. Vista en planta de los modos de pandeo lateral* 295
Figura 91. Modo de pandeo para análisis de la resistencia del arriostramiento 299
Figura 92. Columna arriostrada de madera sólida 300
Figura 93. Sistema de arriostramiento para serie de miembros a compresión o flexión 303
Figura 94. Arriostramiento múltiple para serie de miembros a compresión o flexión 305
Figura 95. Carga y soportes de diafragmas horizontales 306
Figura 96. Diafragmas de muro resistiendo cargas de cizallamiento 309
Figura 97. Ejemplos de muros de corte de madera 310
Figura 98. Muro en conjunto comprendiendo varios paneles de muro 312
Figura 99. Esquema de un muro típico (muro i) las fuerzas actuantes y sus reacciones 313
Figura 100. Columna arriostrada de madera sólida 317
Figura 101. Viga doblemente arriostrada 318
Figura 102. Muro de paneles 325
Figura 103. Grado de corrimiento en conector de madera/madera y madera/acero 330
Figura 104. Transmisión de fuerzas de compresión por traslape simple y doble 331
Figura 105. Disposición de elementos de madera con ejes céntricos de las barras 331
Figura 106. Tipos de clavos 332
Figura 107. Tornillos para madera 332
Figura 108. Esquema de tirafondo 333
Figura 109. Pasadores y pernos típicos 333
Figura 110. Ejemplos de conexiones con sujetadores, pernos y clavos 334
Figura 111. Unión con la carga paralela a la veta 335
Figura 112.Unión de elemento inferior cargado perpendicularmente a la veta 335
Figura 113. Unión cuya carga forma un ángulo con respecto a la dirección de la veta 336
Figura 114. Uniones clavadas bajo solicitud de fuerza a tensión 336
Figura 115. Distintos tipos de conexiones metálicas 337

Figura 116. Conexiones metálicas para unir armaduras y entramados 338
Figura 117. Producción maderable mundial 2009 347
Figura 118. Remoción madera Latinoamérica 350
Figura 119. Área forestal global 2007 351
Figura 120. Cambio neto anual 2000 – 2005 352
Figura 121. Área de bosques Centroamérica vs Suramérica 354
Figura 122. Cobertura forestal en Guatemala 356
Figura 123. Deforestación quincenal estimada 1950 – 2005 367
Figura 124. Cambio forestal 1950 – 2004 368
Figura 125. Producción maderable 374
Figura 126. Tendencia de reforestación de 1976-2003 376
Figura 127. Productos forestales exportados e importados 378
Figura 128. Participación forestal por sectores 2002 385
Figura 129. Producción forestal maderable por grupo de especie 389
Figura 130. Exportaciones e importaciones del sector forestal 393
Figura 131. Crecimiento poblacional proyectado 397
Figura 132. Proyección de superficie bajo manejo forestal 401
Figura 133. Proyección de superficie reforestada bajo PINFOR 404
Figura 134. Proyección de plantaciones forestales 405
Figura 135. Proyección de empleos generados por el sector forestal 409
Figura 136. Áreas sustantivas y de apoyo del sector forestal 420
Figura 137. Instancias forestales 441
Figura 138. Jerarquía forestal institucional 442
Figura 139. Cantidad de profesionales forestales en Guatemala 446
Figura 140. Exportaciones de muebles según partida 460
Figura 141. Dinámica de la demanda mundial de muebles 461
Figura 142. Importaciones según país a EEUU 463
Figura 143. Evolución de las importaciones y ventas minoristas 464
Figura 144. Estacionalidad de muebles minoristas 464
Figura 145. Dinamismo de las importaciones de muebles 465

Figura 146. Principales exportadores mundiales de muebles 466
Figura 147. Importaciones USA de muebles de madera 469
Figura 148. DOP de la fábrica de escritorios tallados 482
Figura 149: Método punto 489
Figura 150: Método limitado por un rectángulo 490
Figura 151: Método punto-radio 490
Figura 152: Método forma 491
Figura 153: Reserva natural de la Biosfera Maya 496
Figura 154: Parque Nacional de Tikal 497
Figura 155: Cueva del Semuc Champey 497
Figura 156: Biotopo del Quetzal 498
Figura 157: Reserva natural de usos múltiples Monterrico 499
Figura 158: Parque nacional Laguna Lachúa 499
Figura 159: Clasificación según el origen, ejemplo de bosque natural 516
Figura 160: Clasificación según las especies, ejemplo de bosque latifollado 517
Figura 161: Clasificación según las especies, ejemplo de bosque manglar 518
Figura 162: Clasificación según su uso, ejemplo de mesa 518
Figura 163: Clasificación según su manejo, ejemplo bosque natural 519
Figura 164: Cobertura forestal de Guatemala 520
Figura 165: Características claves del suelo 525
Figura 166: Características claves del suelo 525
Figura 167: Barreras muertas 526
Figura 168: Vista lateral de terrazas, barreras vivas y barreras muertas 526
Figura 169: Semillas 527
Figura 170: Semillas de pino 528
Figura 171: Climas y alturas que favorecen a algunas especies de árboles 530
Figura 172: Productos de la madera 531
Figura 173: Bosque de área protegida de Guatemala 537
Figura 174: Cobertura geográfica para proyecto PINPEP 540
Figura 175: Mapa incentivos en Guatemala 543

Figura 176: Vivero forestal en Guatemala 544
Figura 177: Construcción de semilleros 547
Figura 178: Roya del Pino 557
Figura 179: Marcación para el raleo 567
Figura 180: Corte transversal de dos troncos de árboles 570
Figura 181: Altura de la poda en un árbol 571
Figura 182: Corte ideal en una poda 572
Figura 183: Tipo de corte ideal en la poda de un árbol 572
Figura 184: Pasos para podar un árbol 573
Figura 185: Corte con sierra y con machete respectivamente 574
Figura 186: Daños por una poda mal realizada con machete 574
Figura 187: Corte ideal de una rama gruesa 575
Figura 188: Motosierra 579
Figura 189: Partes de la motosierra 580
Figura 190: Corte con motosierra 581
Figura 191: Partes de la cadena 581
Figura 192: Tipos de eslabones de corte 582
Figura 193: Correcto ajuste de los reguladores de profundidad 583
Figura 194: Ajuste incorrecto de los reguladores de profundidad 584
Figura 195: Posición del operario al poner en funcionamiento la motosierra 585
Figura 196: Aserradero móvil 588
Figura 197: Herramientas para tala de árboles 591
Figura 198: Serrucho 592
Figura 199: Sierra de marco 592
Figura 200: Serrucho con vena 593
Figura 201: Serrucho de punta 593
Figura 202: Serrucho de ranurar 594
Figura 203: Tala de árbol con motosierra 594
Figura 204: Corte de madera con aserradero móvil 596
Figura 205: Plano de tala seguro 599

Figura 206: Forma general de talar árboles 600
Figura 207: Muesca clásica 601
Figura 208: Muesca abierta 602
Figura 209: Muesca Humboldt 602
Figura 210: Estallido de la madera 603
Figura 211: Técnica de doble muesca.....604
Figura 212: Apeo de árbol enredado.....605
Figura 213: Eje radial en una pieza de madera.....607
Figura 214: Eje transversal en una pieza de madera.....607
Figura 215: Eje tangencial en una pieza de madera.....608
Figura 216: Tipos de corte.....608
Figura 217: Corte radial.....609
Figura 218: Corte transversal.....609
Figura 219: Corte Tangencial 610
Figura 220: Efectos de la contracción.....610
Figura 221: Como cortar la troza.....611
Figura 222: Medición de diámetro de la troza.....612
Figura 223: Dimensión de la troza Ejemplo #1 613
Figura 224: Medición de la madera aserrada por unidad.....615
Figura 225: Medición de la madera aserrada estribada 615
Figura 226: Medición de plywood.....616
Figura 227: Medición de bolillo 616
Figura 228: Medición de leña rajada 617
Figura 229: Transporte de madera en troza 620
Figura 230: Licencia de conducir 624
Figura 231: Tarjeta de circulación.....624
Figura 232: Transporte de leña 626
Figura 233: Licencia de conducir 632
Figura 234: Tarjeta de circulación.....633
Figura 235: Aserradero fijo 635

Figura 236: Aserradero móvil.....636
Figura 237: Proceso de descortezado de la madera.....637
Figura 238: Lados de las tablas de madera.....639
Figura 239: Cepillado de la madera.....639
Figura 240: Proceso de aserrío.....640
Figura 241: Selección de trozas.....641
Figura 242: Placas de viruta de una, tres o más capas.....643
Figura 243: Chapas de recubrimiento (1), Dirección de prensado (2).....644
Figura 244: Partes de una pieza de madera.....647
Figura 245: Tipos de troncos defectuosos.....648
Figura 246: Crecimiento excéntrico.....648
Figura 247: Crecimiento revirado de un tronco.....649
Figura 248: Tronco tuberculoso.....649
Figura 249: Nudosidad en un tronco.....650
Figura 250: Cuadranuras y venteaduras en el extremo de una troza.....650
Figura 251: Tronco con excresencia.....651
Figura 252: Medición de nudo suelto en el borde de la cara.....652
Figura 253: Medición del nudo suelto en la arista.....652
Figura 254: Nudos vivos en la madera.....653
Figura 255: Rajaduras en la tabla de madera.....653
Figura 256: Grietas en una tabla de madera.....654
Figura 257: Medición de la desviación de la fibra.....654
Figura 258: Bolsillo de corteza o resina.....655
Figura 259: Acebolladura en una tabla de madera.....656
Figura 260: Alabeos en una tabla de madera.....656
Figura 261: Médula en una tabla de madera.....657
Figura 262: Medición de la arista faltante.....657
Figura 263: Escuadría irregular.....658
Figura 264: Depresión por cepillado.....658
Figura 265: Descortezadora.....660

Figura 266: Sierra de cinta.....661
Figura 267: Reaserradero alternativo múltiple 662
Figura 268: Reaserradero múltiple de cinta horizontal.....662
Figura 269: Sierra circular.....663
Figura 270: Canteadora de un disco 663
Figura 271: Tipos de canteado.....664
Figura 272: Cepilladora 664
Figura 273: Dentado de las hojas de sierra de cinta.....665
Figura 274: Volteador de trozas.....666
Figura 275: Rieles transportadores 666
Figura 276: Forcicula de precisión 667
Figura 277: Metro de cinta 668
Figura 278: Cinta métrica 668
Figura 279: Nivelador horizontal y vertical.....669
Figura 280: Posiciones de verificación en un nivelador 669
Figura 281: Medidor de humedad de la madera 670
Figura 282: Camiones.....671
Figura 283: Montacargas 671
Figura 284: Componentes de la maquinaria para curado de la madera 672
Figura 285: Sección transversal de una presurizadora.....673
Figura 286: Hornos de secado 674
Figura 287: Ventiladores 675
Figura 288: Caldera parte posterior 675
Figura 289: Caldera parte frontal.....676
Figura 290: Forma de marcar abolladuras en las sierras de cinta 677
Figura 291: Forma correcta para sujetar la sierra de cinta.....677
Figura 292: Revisión de la sierra de cinta.....678
Figura 293: Afilado de la sierra de cinta.....679
Figura 294: Dirección del limado 679
Figura 295: Esmeril eléctrico de pedestal.....680

Figura 296: Esmeriladora de mesa.....681
Figura 297: Impregnadora 682
Figura 298: Contenido de agua en la madera 684
Figura 299: Apilamiento plano de la madera.....688
Figura 300: Protección de los extremos de las tablas de madera.....690
Figura 301: Desnivel en el apilado de las tablas de madera 691
Figura 302: Apilado en forma de tronco.....691
Figura 303: Apilado en forma de cartón.....692
Figura 304: Apilado en forma cruzada 692
Figura 305: Apolinamiento bajo cobertizos de madera 693
Figura 306: Componentes de una pila 693
Figura 307: Cubierta en pilas de madera 694
Figura 308: Arqueadura de la madera.....695
Figura 309: Acanaladura de la madera 695
Figura 310: Encorvadura de la madera 696
Figura 311: Torcedura de la madera 696
Figura 312: Almacenamiento correcto de la madera 698
Figura 313: Rótulos preventivos.....705
Figura 314: Extintores 706
Figura 315: Guantes industriales 706
Figura 316: Orejeras 707
Figura 317: Tapones auditivos.....707
Figura 318: Mascarillas industriales.....708
Figura 319: Gafas universales.....708
Figura 320: Gafas de montura integral 709
Figura 321: Pantallas de protección.....709
Figura 322: Botas industriales 710
Figura 323: Gabachas industriales.....710
Figura 324: Patrullaje por aire de DIPRONA.....711
Figura 325: Ejemplo de Licencia de Conducir 712

Figura 326: Ejemplo de Tarjeta de Circulación 713
Figura 327: Transporte pesado 716
Figura 328: Ejemplo de Constancia de Inscripción 717
Figura 329: Ejemplo de Nota de Envío de empresa 720
Figura 330: Ejemplo de hoja de ruta 722
Figura 331: Madera recibida 724
Figura 332: Madera apolinada 724
Figura 333: Madera siendo ingresada al horno 725
Figura 334: Sierra de cinta 725
Figura 335: Ejemplo de canteado 726
Figura 336: Máquina regruesado 727
Figura 337: Máquina 728
Figura 338: Departamento de armado 728
Figura 339: Lijadora 729
Figura 340: Barniz 730
Figura 341: Ejemplo de herrajes 730
Figura 342: Mueble empacado listo para transporte 731
Figura 343: Madera almacenada 731
Figura 344: Tamaño de la madera 732
Figura 345: Distintos espesores 733
Figura 346: Nudos en la madera 733
Figura 347: Escamas por pintura 734
Figura 348: Estructuras 734
Figura 349: Medidor de humedad 735
Figura 350: Triscado de una sola pieza y de pistola 736
Figura 351: Dirección del limado 737
Figura 352: Vista lateral de la muela del esmeril 737
Figura 353: Asentado en forma 738
Figura 354: Asentamiento de cuchillas 738
Figura 355: Afilado cóncavo 739

Figura 356: Afilado plano....739
Figura 357: Máquina afiladora para cuchillas....740
Figura 358: Cuchilla....740
Figura 359: Asentado correcto por piedra....741
Figura 360: Máquina regruesadora....742
Figura 361: Rollos de lijas....743
Figura 362: Forma de comprobar los rodillos de deslizamiento....745
Figura 363: Forma de cambiar la lija en una lijadora....746
Figura 364: Unión de piezas con batiente....747
Figura 365: Unión de pieza con vena postiza....748
Figura 366: Unión de piezas con clavijas....748
Figura 367: Unión de pieza con ranura y lengüeta....749
Figura 368: Empalme en esquina y su utilización....749
Figura 369: Empalme a medio....750
Figura 370: Ejemplo de armado de mueble....755
Figura 371: Plantillas....757
Figura 372: Escantillones....758
Figura 373: Molduras para muebles....760
Figura 374: Muebles con puertas montadas....761
Figura 375: Armado de clavijas en línea....761
Figura 376: Engrapado vertical....763
Figura 377: Engrapado horizontal....764
Figura 378: Muebles enclavados....765
Figura 379: Prensa que se utiliza en enchapado de tableros de madera....767
Figura 380: Forma correcta de seleccionar las duelas a encolar....768
Figura 381: Atornillado en madera....770
Figura 382: Elementos que hacen posible el fuego....771
Figura 383: Rótulos preventivos....772
Figura 384: Extintores para evitar....772
Figura 385: Tapones para loa oídos....773

Figura 386: Orejeras 774
Figura 387: Mascarillas con filtro de aire 775
Figura 388: Guantes de trabajo 776
Figura 389: Calzado apropiado 776
Figura 390: Lijadora 781
Figura 391: Mueble de madera con aspecto antiguo 783
Figura 392: Muebles con color 784
Figura 393: Distintas betas en la madera por aplicación de tintes 785
Figura 394: Fondo de poliuretano 786
Figura 395: Pistola de pulverización 786
Figura 396: Laca de poliuretano 787
Figura 397: Forma de medir la pieza de cartón antes de cortar esquinas 789
Figura 398: Forma de cortar la pieza de cartón antes del doblado 790
Figura 399: Posición de la pieza de cartón cortada antes de doblar 790
Figura 400: Forma de un esquinero para cajas de cartón 792
Figura 401: Sellar con cinta 793
Figura 402: Empaque de esquinas 793
Figura 403: Etiquetado 794
Figura 404: Pallets 795
Figura 405: Tarima en buen estado 796
Figura 406: Apilado de tarimas 796
Figura 407: Productos forestales para exportación 798
Figura 408: Puerto de embarque para exportaciones 799
Figura 409: Embalaje de madera 809
Figura 410: Sello que certifica el tratamiento del embalaje 810
Figura 411: Factor social, económico y ambiental 814
Figura 412: Año internacional de los bosques 816
Figura 413: Logo FSC 817
Figura 414: Madera certificada FSC 818
Figura 415: Producto certificado FSC 822

Figura 416: Rainforest Alliance....823
Figura 417: Logo PEFC....824
Figura 418: Madera certificada PEFC....824
Figura 419: Producto certificado PEFC....827
Figura 420: Logo SFI....828
Figura 421: Madera certificada SFI....829
Figura 422: Producto certificado SFI....833
Figura 423: Logo ISO....835
Figura 424: Modelo de sistema de gestión de calidad basado en procesos....836
Figura 425: Modelo de sistema de gestión ambiental....838
Figura 426: Sello de seguridad....838
Figura 427: Biodiversidad terreste, Orangután en Indonesia....848
Figura 428: Productos forestales utilizados en nuestro día a día....849
Figura 429: Los bosques boreales de Canadá son un importante sumidero de carbono....850
Figura 430: Elefantes en reserva natural....851
Figura 431: Árbol de caucho....852
Figura 432: Tala de la madera....853
Figura 433: Aloe Vera....854
Figura 434: Conservación de los bosques....854
Figura 435: Ejemplo de certificación FSC en México....855
Figura 436: Tala ilegal en la industria del papel....856
Figura 437: Conservación de áreas protegidas....857
Figura 438: Educación ambiental....858
Figura 439: Manglar en Costa Rica....860
Figura 440: Parque Nacional Laguna Lachuá....861
Figura 441: Incendio forestal en Australia....862
Figura 442: Fuego en Brasil....862
Figura 443: Pinabete guatemalteco....863
Figura 444: Efectos de la deforestación....864
Figura 445: Reforestación....865

Figura 446: Reforestación según la Ley Forestal 867
Figura 447: Toda causa tiene efecto 869
Figura 448: Bosque destruido..... 871
Figura 449: Apagar fogata, prevención 872
Figura 450: Educación (Mejor manera de prevenir)..... 873
Figura 451: Plaga de cochinilla 874
Figura 452: Gorgojo de pino..... 875
Figura 453: Árbol enfermo 876
Figura 454 Disposición del sistema al momento del vacío..... 901
Figura 455 Disposición del sistema en llenado y aplicación de presión..... 902
Figura 456 Disposición del sistema al momento del drenado de la solución 902
Figura 457 Disposición del sistema al momento del vacío final 903
Figura 458 Pileta de tratamiento..... 914
Figura 459 Cubos de duramen de Pino..... 951
Figura 460 Pesaje de cubo de duramen de Pino 952
Figura 461 Cubos de albura de Pino parte 1..... 952
Figura 462 Cubos de albura de Pino parte 2..... 952
Figura 463 Cubos de albura de Pino parte 3..... 953
Figura 464 Cubos de albura de Pino parte 4..... 953
Figura 465 Pesaje de cubo de albura de Pino 953
Figura 466 Cubos de Ciprés 954
Figura 467 Pesaje de cubo de Ciprés..... 954
Figura 468 Cubos de Duramen de Pino utilizados como control 954
Figura 469 Cubos de Albura de Pino utilizados como control 955
Figura 470 Cubos de Ciprés utilizados como control..... 955
Figura 471 Acido Bórico utilizado para el tratamiento 955
Figura 472 Borax utilizado para el tratamiento 956
Figura 473 Mezcla de boratos utilizada para el tratamiento..... 956
Figura 474 Disposición del sistema utilizado para el tratamiento con boratos..... 956
Figura 475 Solución utilizado para el tratamiento con boratos 957

Figura 476 Cubos de madera sumergidos en el tratamiento con boratos..... 957
Figura 477 Cubos escurriendo posterior al tratamiento..... 957
Figura 478 Cubos empacados para el proceso de difusión..... 958
Figura 479 Cubos desempacados después del tiempo del proceso de difusión..... 958
Figura 480 Ácido salicílico utilizado para el análisis colorimétrico..... 959
Figura 481 Ácido Clorhídrico utilizado para el análisis colorimétrico..... 959
Figura 482 Cúrcuma utilizado para el análisis colorimétrico..... 960
Figura 483 Pesaje de la cúrcuma utilizada para el análisis colorimétrico..... 960
Figura 484 Disposición sistema para la preparación de solución de cúrcuma..... 961
Figura 485 Solución de cúrcuma utilizada en prueba colorimétrica..... 961
Figura 486 Pesaje de ácido salicílico utilizado para el análisis colorimétrico..... 962
Figura 487 Solución de ácido salicílico y ácido clorhídrico..... 962
Figura 488 Contenedores de las soluciones de la prueba colorimétrica..... 963
Figura 489 Disposición de cubos de ciprés antes de la prueba colorimétrica..... 963
Figura 490 Cubos de ciprés después de la prueba colorimétrica..... 963
Figura 491 Cubo de ciprés después de la prueba colorimétrica..... 964
Figura 492 Cubo de ciprés después de la prueba colorimétrica..... 964
Figura 493 Disposición cubos de duramen antes prueba colorimétrica..... 964
Figura 494 Cubos de duramen de pino después de la prueba colorimétrica..... 965
Figura 495 Cubo de duramen de pino después prueba colorimétrica..... 965
Figura 496 Cubo de duramen de pino después prueba colorimétrica..... 965
Figura 497 Cubos de albura de pino antes prueba colorimétrica..... 966
Figura 498 Cubos de albura de pino después prueba colorimétrica..... 966
Figura 499 Cubos de albura de pino después prueba colorimétrica..... 967
Figura 500 Cubos de albura de pino después prueba colorimétrica..... 967
Figura 501 Material utilizado para la prueba microbiológica..... 967
Figura 502 Medios de cultivo antes de la prueba microbiológica..... 968
Figura 503 Vista del cubo durante la prueba microbiológica..... 969

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Cobertura forestal de Guatemala 521
Gráfica 2: Proceso de certificación de semillas forestales 528
Gráfica 3: Método comparativo de calidad genética de procedencias en las semillas 530
Gráfica 4: Pasos para establecer un vivero forestal 546
Gráfica 5: Manejo forestal 553
Gráfica 6: Línea de producción 723
Gráfica 7: Cepillado manual 747
Gráfica 8: Proceso de ejecución de las uniones de ancho con batiente 751
Gráfica 9: Proceso para realizar empalmes de esquina 752
Gráfica 10: Proceso para realizar el empalme en cruz 753
Gráfica 11: Pirámide de RSE 844
Gráfica 12: Prácticas para integrar una estrategia de RS 847
Grafica 13: Histograma cubos de duramen de pino pruebas colorimétricas 950
Grafica 14: Histograma cubos de albura de pino pruebas colorimétricas 950
Grafica 15: Histograma cubos de ciprés pruebas colorimétricas…… ..... .951

RESUMEN

El manual de diseño de estructuras de madera referenciado al Eurocódigo 5, inicia presentando una estructura de la metodología de requerimientos técnicos para diseñar miembros de madera que desempeñan una función estructural, partiendo de la filosofía de diseño basada en el estado límite último y el de servicio.

Primero se considera la madera como material, sus características físicas y mecánicas, luego se introduce a la metodología de diseño de los Eurocódigos, para después en los siguientes capítulos enfocarse en el diseño de miembros sometidos a esfuerzos de compresión, tensión, flexión y una combinación de los mismos. A lo largo de los capítulos se desarrollan ejemplos que ilustran el procedimiento de diseño referenciados al Eurocódigo 5. Adicionalmente se muestra una introducción a las conexiones y sus partes más importantes.

Luego, se presenta un diagnóstico de la industria del sector forestal en Guatemala, incluyendo un entorno general que muestra a la industria actual, las normas que lo rigen, así como todos los problemas de carácter económico, industrial y sociocultural. Asimismo se analiza también el potencial que tiene el sector, así como la creación de escenarios y estrategias que lo beneficien. El análisis de la industria se dividió en dos partes principales. Primero, en el aspecto teórico, se obtuvo información y varios documentos de instituciones relacionadas al sector forestal. En dichos documentos, se discuten varios aspectos del tema forestal que terminan siendo dependientes unos de otros en algunos casos y en otros se provee información complementaria. Segundo, se establecieron alianzas estratégicas y se realizaron visitas de campo a varios aserraderos en Guatemala y Zacapa. En Guatemala se visitó Maderas y Machimbres, S.A. (MYMSA) y en Zacapa se visitó Efiforest y Lignum. Para complementar el trabajo, se sentaron las bases para una planta de fabricación de escritorios tallados con su respectivo estudio de mercado.

Este diagnóstico nos lleva a pensar en el sector forestal como un campo de mejora con respecto al uso de la madera y el proceso previo a utilizarla. Por esto, el trabajo incluye un

manual de buenas prácticas para el sector forestal que consta de trece capítulos que, formando un consolidado de toda la cadena de valor del sector, recopila la información básica y necesaria para cada tema; tomando en cuenta la optimización del proceso. Este manual presenta una guía ilustrada, brindando explicación a fondo de cada capítulo utilizando tecnicismos amigables al usuario.

Este trabajo también incluye una investigación teórica de los tratamientos de madera. Se describen los distintos métodos utilizados para el tratamiento de madera enfocándonos en sus ventajas y desventajas, su fijación y uso. Para luego continuar con la elaboración de una guía de buenas prácticas en la impregnación de madera con boratos. Presentando un registro escrito de información y consideraciones a tomar que pueden ser utilizadas para orientar la correcta manipulación de boratos, tomando en cuenta su toxicología y cumpliendo con la seguridad y salud ocupacional dentro de la industria.

Finalmente también se realizó un análisis del método de impregnación de madera con boratos. Este análisis se realizó utilizado pruebas colorimétricas y microbiológicas. Los tipos de madera que se estudiaron son: albura de la madera de Pino, duramen de la madera de pino, y madera de ciprés. Esta madera fue brindada por el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad del Valle de Guatemala. El hongo utilizado para la prueba microbiológica fue Phanerochaetechrysosporium. De acuerdo con estos estudios se llegó a la conclusión que la aplicación del método de impregnación de madera con boratos es una alternativa viable al método de impregnación de madera con CCA.

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo busca responder a la creciente necesidad de conocimiento técnico desde una perspectiva nacional sobre la utilización de la madera en varios sectores, especialmente de la construcción.

Para contribuir a ello, se aporta en el área de diseño y construcción con una herramienta útil a la hora de considerar la madera como material de construcción para determinados proyectos, contando con un amplio trasfondo sobre la problemática nacional, el proceso de producción de la madera y su tratamiento.

La extensión de la temática, abarca el diseño básico de elementos en madera, a su vez que deja abierta la puerta para seguir desarrollando investigación sobre el diseño y cálculo de elementos más complejos como lo son las conexiones. El capítulo de conexiones al final del trabajo, describe generalmente el tema y no constituye una herramienta para calcularlas.

El contenido se presenta de forma que sea fácil de leer y de seguir el concepto a través de las ecuaciones que lo describen. Cuando se consideró necesario, se introdujeron ejemplos después de algunos bloques de teoría para reforzar el concepto inmediatamente y poder así visualizarlo. Los capítulos incluyen ejemplos detallados al final de los mismos, para permitir al diseñador visualizar el proceso con más profundidad así como también saber de dónde se obtiene cada valor para el cálculo.

Se busca también presentar un diagnóstico global de la industria del sector forestal en Guatemala, incluyendo un entorno general que muestre a la industria actual, las normas que lo rigen; así como todos los problemas de carácter político-legal, industrial y educativo, así como problemas de instituciones, conservación y comercio. De este modo también se analiza el potencial que tiene el sector a través del análisis de escenarios y estrategias que beneficien y den valor agregado al sector. Se utilizaron diversos métodos de búsqueda, entre los que se encuentra la investigación bibliográfica de diversos documentos instituciones interesadas en el sector. También, la visita a diversas fábricas cuya principal materia prima es la madera. Se planteó la creación de una empresa industrial de bienes maderables, específicamente un producto representativo como mesas armables de madera endémica (pino y/o teca) de exportación, con su respectivo estudio mercadológico y diseño de planta.

El manual de buenas prácticas para el sector forestal que se incluye en este documento se crea con el fin de otorgar una visión amplia del sector, mostrando cuales son las normas o prácticas que se deben cumplir y aplicar en cada una de las etapas de la cadena de valor del sector forestal. El manual pretende que las personas que lo lean puedan sentirse a gusto con él y además puedan llegar a aplicarlo en sus áreas de trabajo. Se espera que mediante la implementación de las prácticas que se describen, se obtenga un producto forestal legal y de alto valor.

Para la elaboración de este trabajo se realizaron visitas a diferentes empresas e instituciones, con el fin de conocer los procesos de producción y tener acceso a la información que estos poseen. Se realizaron entrevistas con expertos en las diferentes etapas de la cadena de valor y se hizo una recopilación de información disponible en libros, folletos, manuales sitios web, entre otros. El manual, tiene la capacidad de otorgar un mayor conocimiento a las personas que solamente cuentan con conocimientos básicos, ya que no se debe de tener un conocimiento técnico específico previo para aprovecharlo. Es además, una fuente de información sobre las necesidades y requerimientos de cada una de las etapas de la cadena, para que mediante el mejor entendimiento de estas los actores del sector y los usuarios puedan tomar mejores decisiones en sus actividades forestales. Tener un estándar de cómo realizar las operaciones en cada paso de la cadena de valor de productos forestales, no solo ayuda a las personas del sector forestal, sino también a los compradores, exportadores y vendedores de productos. Todo esto se realizó para obtener un manual que describe los procesos de una manera técnica sin alejarse de la realidad guatemalteca. El manual describe cómo aprovechar los recursos forestales de manera que se tenga como resultado un producto de calidad y a un precio competitivo nacional e internacionalmente, siempre y cuando aseguremos la disponibilidad de los productos forestales tanto para nosotros como para generaciones futuras.

Finalmente, este trabajo incluye una descripción de algunos métodos de tratamiento de madera para poder observar la variedad de métodos existentes en todo el mundo de impregnación de madera. En esta parte se describen los distintos métodos utilizados para el tratamiento de madera enfocándose en sus ventajas y desventajas, su fijación y uso, para luego continuar con la elaboración de una guía de buenas prácticas en la impregnación de madera con boratos. Por otro lado, se realizó un análisis del método de impregnación de madera con boratos. Este análisis se realizó utilizado pruebas colorimétricas y microbiológicas sobre cubos de albura y duramen de pino, así como también sobre cubos de madera de ciprés.

2. JUSTIFICACIÓN

Guatemala como país forestal, tiene el potencial para desarrollar el uso de la madera en diversos ámbitos. Para desarrollar este potencial, es necesario un acercamiento integral a los distintos mercados relacionados, lo que conlleva investigar la problemática nacional desde la obtención del material, el proceso de trabajo del mismo en la industria y sus diferentes usos.

El recurso existe, pero no el conocimiento adecuado para su uso. En el ámbito de la construcción, no se dispone de la preparación técnica para el diseño de elementos estructurales de madera, por lo que se recurre a utilizar otros materiales de construcción como el concreto y el acero, dejando a un lado la madera. Por esta razón se creó una guía técnica con base en la filosofía de diseño del estado último en la que se expone el método de diseño para elementos estructurales sometidos a esfuerzos de flexión, compresión, tensión y esfuerzos combinados, a ser diseñados para cumplir con los Estados Límite Últimos (ELU) y Estados Limite de Servicio (ELS).

Este recurso también podría ser utilizado para la creación de productos de madera con valor agregado (por ejemplo, muebles) o para la venta de bonos de carbono, pero se usan para leña. Como consecuencia de la falta de información entre actores, la madera guatemalteca se corta, se vende barata en mercados internacionales, se procesa y regresa a Guatemala en forma de productos con valor agregado a altos precios. Esta situación se debe a varios factores íntimamente relacionados, los cuales se pueden agrupar en seis: conservación, industria, comercialización, instituciones, educación y aspecto político-legal. Por esta razón, se realizó un análisis de la industria que responde a esta necesidad para concentrar la información más relevante en un solo estudio y plantear estrategias de mejora.

Esta mejora conlleva como resultado la explotación de la madera. Si se empieza a utilizar la madera para la construcción (y otros mercados), ésta necesita explotarse. La explotación de la madera en Guatemala es relativamente baja; dicha situación se debe a diversos factores, pero principalmente a la falta de conocimiento general del proceso de la madera. Tampoco se tiene un documento en el cual se detallen los pasos a seguir para montar un negocio forestal, ni uno que describa las mejores prácticas que se pueden llevar a cabo para mejorar los procesos en un aserradero. Esto tiene como consecuencia muchos problemas y como una solución, junto con AGEXPORT, COFAMA, El Clúster Forestal y la Universidad del Valle de Guatemala, se detectó

la necesidad de crear un documento consolidado, que incluya la información del correcto manejo durante toda la cadena de valor del Sector Forestal.

Finalmente se presentó el método de impregnación de madera con boratos como una alternativa al método de impregnación de madera con CCA, con el cual se pueden mejorar los estándares de calidad. Esta mejora en la calidad de la madera se debe a que el método con boratos es mucho más amigable para el ambiente y para los humanos ya que no cuenta con arsénico, el cual es el agente fungicida en el tratamiento con CCA. Por otro lado, la contaminación de los suelos se reduce, ya que al no tener arsénico, los boratos con contaminan el suelo con esta sustancia. Además para el cumplimiento de estándares se desarrolló una guía de buenas prácticas en la impregnación de madera con boratos (Salud y Seguridad Ocupacional) aplicable en la industria maderera de Guatemala. Se presentaron metodologías de análisis de eficacia del tratamiento al ser implementado en la industria de madera esto con el fin de tener un control sobre el proceso industrial y que de esta forma se pueda tener trazabilidad en los productos y resultados.

3. OBJETIVOS

3.1 General

- Impulsar la madera como un material de construcción sostenible en Guatemala.

3.2 Específicos

- Adoptar la filosofía de diseño del método del estado último por medio de la adaptación de las normativas Europeas para el diseño de estructuras de madera.
- Realizar un manual de diseño de estructuras de madera referenciado al Eurocódigo 5, que es la normativa Europea de diseño para estructuras de madera.
- Ejemplificar el proceso de diseño de miembros estructurales de madera sujetos a flexión, tensión, compresión y esfuerzos combinados.
- Introducir las generalidades de las conexiones en madera.
- Realizar un análisis de la actualidad del sector forestal en Guatemala tomando en cuenta las principales seis problemáticas y los escenarios a futuro, planteando una solución general en base al marco teórico e investigación que se realice.
- Sentar las bases para un estudio de mercado y diseño de planta de una fábrica de productos de madera con valor agregado que podrá ser continuado por futuros investigadores
- Realizar una recopilación de las diferentes prácticas que generen un producto forestal de excelente calidad, que se consolide en un documento escrito, "Manual de Buenas Prácticas para el Sector Forestal", el cual debe ser amigable a cualquier usuario dentro del Sector Forestal.
- Promover el uso de boratos como método alternativos de impregnación de madera, realizando una guía de buenas prácticas en impregnación de madera con boratos aplicable en la industria de madera de Guatemala.
- Incentivar el uso de boratos como método de tratamiento de madera con la implementación del método colorimétrico y la metodología de análisis microbiológico, para la detección aproximada de ácido bórico equivalente en la madera tratada y la verificación de la eficacia del tratamiento con boratos.

4. LA MADERA ESTRUCTURAL

4.1 Introducción

La madera como producto para la construcción es uno de los recursos más sostenibles, su uso como material es reconocido desde la antigüedad. Tiene una alta proporción de esfuerzo vs. peso, es capaz de transferir fuerzas de compresión y tensión y es naturalmente adecuada como miembro a flexión. La madera es un material usado para una variedad de formas estructurales, desde vigas, columnas, armaduras y se usa también en sistemas constructivos como miembros de plataformas, apiladores, zapatillas de villas de tren, y formaleta para concreto.

Hay varias características inherentes a la madera que la hacen un material de construcción ideal. Entre estas están su alta proporción de esfuerzo vs. peso, su alta durabilidad y desempeño, y buenas propiedades aislantes en cuanto al calor y el sonido. Las propiedades naturales que hacen de la madera un buen material de construcción son los patrones de sus fibras, colores y su disponibilidad en muchas especies, tamaños y formas. Éstas la hacen un material notablemente versátil y estéticamente agradable. También puede fácilmente dársele forma y ser conectada usando clavos, tornillos, pernos y clavijas o unida adhesivamente.

Las limitaciones en dimensiones máximas de sección transversal y en longitudes de maderas sólidas aserradas o rollizas, debidas a los tamaños de troncos disponibles y defectos, son superadas por los avances recientes en productos compuestos de madera y en productos de ingeniería de la madera. Los empalmes y otras técnicas de laminado han permitido que se construyan maderas uniformes de alta calidad en cualquier tamaño, moldura y forma, siendo limitada solamente por las barreras de manufactura y transporte.

Las estructuras de madera pueden ser muy duraderas cuando son apropiadamente tratadas, detalladas y construidas. Ejemplos de esto se ven en muchos edificios históricos alrededor del mundo. Las estructuras de madera pueden fácilmente ser moldeadas o alteradas, y si se dañan, pueden repararse. Investigación exhaustiva en las últimas décadas ha resultado en información comprensiva sobre las propiedades de los materiales que componen la madera y en productos ingenieriles y sus efectos en el diseño estructural y desempeño de servicio.

4.2 Tipos de madera

La madera comercial se divide en dos tipos: maderas suaves y maderas duras. Esta terminología se refiere al origen botánico de la madera y no tiene relación directa con la suavidad o dureza de la madera, ya que es posible tener maderas duras, físicamente suaves, como la balsa de Sudamérica y la wawa de África, y algunas maderas suaves, físicamente duras como los pinos bronco.

4.2.1 Maderas suaves

- Generalmente poseen poca durabilidad, si no son tratadas con conservantes.
- Tasas de crecimiento rápidas, resultando en madera de baja densidad y relativamente poca resistencia.
- Debido a la rapidez de talado, pueden estar disponibles fácilmente y relativamente más barato.

4.2.2 Maderas duras

- Su tasa de crecimiento es menor que la de las maderas suaves, lo que generalmente resulta en madera de alta densidad y resistencia, y en algunos casos toma más de 100 años en madurar.
- Debido al tiempo que toman en madurar y a los costos de transporte de las maderas duras, ya que la mayoría son tropicales, tienden a ser más caras que las maderas suaves.
- Hay menos dependencia de los conservantes respecto a su durabilidad.

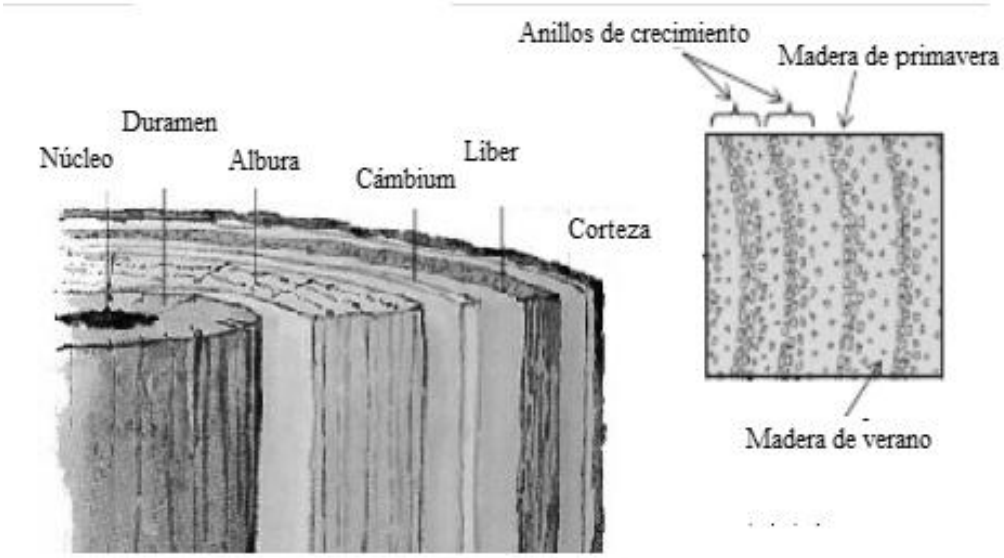
4.3 Estructura de la madera

El tronco de un árbol provee rigidez, fuerza mecánica y altura para soportar la copa del árbol. El tronco resiste cargas debidas a gravedad y viento. Provee también transporte de aguas y minerales de las raíces del árbol hasta la copa. Las raíces, al esparcirse a través del suelo y actua como una cimentación, absorben minerales que contienen humedad del suelo y la transfieren por el tronco hasta la copa. La copa del árbol, está formada por ramas y ramas más pequeñas para soportar las hojas.

Como ingenieros, estamos interesados mayormente en el tronco del árbol. Una sección transversal típica del tronco se muestra en la Figura 1, que ilustra sus características principales, como la corteza, superficial e interna. El cambium, que es una capa muy delgada de células bajo la corteza interna. Es el centro de crecimiento del árbol. Las células de madera nueva se forman

dentro del cambium (sobre la madera vieja) y nuevas células de corteza se forman en el exterior y por lo tanto, incrementan el diámetro del tronco. Aunque los troncos de los árboles pueden crecer considerablemente, hasta 2m de diámetro, las maderas disponibles comercialmente están alrededor de los 0.5m de diámetro.

Figura 1. **Sección transversal del tronco de un árbol**



Fuente: Elaboración propia, 2011

4.4 Características naturales de la madera estructural

La madera como un material natural es altamente variada en su estructura y tiene muchas características naturales o defectos que aparecen durante el periodo de crecimiento y durante la conversión y el proceso de secado. Con frecuencia tales características o defecto pueden causar problemas el u so de madera reduciendo su resistencia o en el uso o afectando su apariencia.

4.4.1 Nudos. Estos son rasgos comunes de la estructura de la madera. Un nudo es una porción de una rama circundada por el crecimiento natural del árbol, normalmente se origina en el centro del tronco o rama. La presencia de nudos tiene efectos adversos en la mayoría de las propiedades mecánicas de la madera con las deformaciones que producen en las fibras a su alrededor que causan discontinuidad en las fibras y concentraciones de esfuerzos o distribuciones de esfuerzos no uniformes. Sus efectos se magnifican en miembros sujetos a esfuerzo de tensión o

debido a esfuerzos o de flexión. Por ejemplo la presencia de un nudo en la parte baja de un miembro a flexión, que está sujeta a esfuerzos de tensión debido a flexión, tiene un mayor efecto en la capacidad de carga del miembro que un nudo similar en la parte más alta sometida a esfuerzos de compresión.

La presencia de nudos en madera redonda tiene mucho menos efecto en sus propiedades de fuerza que aquellos en madera rolliza. Cuando un tronco es aserrado, los nudos y fibras a su alrededor no serán continuos afectando adversamente las propiedades de fuerza; mientras que en la madera redonda no hay discontinuidades en las fibras de madera y usualmente el ángulo de la veta hacia el eje longitudinal es menor que aquel en la madera rolliza.

En general, el tamaño, forma, frecuencia y localización de los nudos influencia la calidad de la madera. Por esta razón la madera blanda usada para fines estructurales tiene un mayor grado mientras tenga menos y menores nudos existan.

4.4.2 Inclinación la veta. La veta en la madera se refiere a la dirección general del arreglo de fibras en la madera y se expresa con respecto al eje longitudinal de la madera rolliza o redonda. En general, la dirección de las fibras no permanece verdaderamente paralela al eje longitudinal de la madera rolliza o redonda. En maderas blandas, la desviación con respecto al eje del tronco usualmente es constante, resultando en la producción de la veta espiral. La veta entrelazada se produce usualmente en maderas duras tropicales donde la dirección de la veta cambia de forma rutinaria de un lado a otro.

Tabla 1. Efecto de la desviación de la veta en las propiedades de resistencia de la madera

Pendiente de la veta	Resistencia a flexión (%)	Compresión paralela a la veta (%)	Carga de impacto (%)
veta recta	100	100	100
1 en 20 (3°)	93	100	93
1 en 10 (6°)	81	99	62
1 en 5 (11.5°)	55	93	36

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

La veta cruzada ocurre cuando la dirección de la veta está a un ángulo del eje longitudinal de la sección rolliza. Una veta cruzada ocurre durante la conversión (proceso de aserrar) como un resultado de la conversión de un tronco torcido o altamente cónico o tronco con veta espiral o cruzado. La desviación de la veta puede afectar severamente las propiedades de resistencia de la

madera. Las reglas del escalamiento visual limitan la desviación de la veta: en general, una desviación de 1 en 10 de la veta es aceptada para madera de alto grado mientras que 1 en 5 con frecuencia se relaciona con una de bajo grado. El efecto de la desviación de la veta en algunas propiedades de la madera se muestran en la Tabla 1.

4.4.3 Madera de reacción. La madera de reacción se refiere a tejidos anormales en la madera producidos en el tronco de árboles sujetos a fuertes presiones de viento. Se cree que las ramas horizontales e inclinadas forman madera de reacción en un intento de prevenir la deformación y agrietarse bajo su propio peso. Hay dos tipos de madera de reacción: En maderas blandas se le refiere como madera de compresión y en maderas duras se le refiere como madera de tensión *(tension Wood),* Figura 2. La madera de reacción se forma en la parte baja de ramas y maderas blandas inclinadas contiene más lignina que la madera normal. La madera de tensión se forma en las partes altas de las maderas duras inclinadas y contiene más celulosa que la madera normal.

La madera reaccionaria es mucho más densa que la madera normal con la gravedad específica alrededor del 35% más grande en madera de compresión y 7% más grande en maderas en tensión. El encogimiento longitudinal es también mayor, diez veces más que el normal para madera de compresión y 5 veces para madera de tensión. La madera que contiene madera de compresión es propensa a la distorsión durante el secado y cuando falla lo hace de forma quebradiza. Es más difícil clavar en madera de compresión que incluso hay más posibilidades de que se parta la madera, además la madera de compresión puede tomar una tonalidad diferente que la madera normal. La mayoría de las reglas de escalamiento visual limitan la cantidad existente de madera de compresión cuando se sitúan en las escalas de alta calidad.

4.4.4 Madera juvenil. Es una madera producida a temprana edad del árbol, en los primeros 5-20 anillos de cualquier sección transversal de un tronco y, en general, exhibe menor resistencia y rigidez que las partes externas del tronco y mucho más encogimiento que la madera madura y normal. La madera juvenil está contenida principalmente dentro del duramen. En arboles jóvenes y de rápido crecimiento con alto grado de madera juvenil, el duramen puede ser menor que la albura, pero normalmente esto no se considera un problema.

Figura2. Madera de compresión (parte oscura)

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

4.4.5 Densidad y anchos de los anillos de crecimiento. La densidad es una característica física de la madera que afecta sus propiedades de resistencia. El ancho de los anillos de crecimiento también es crítico con respecto a la resistencia si se considera que el ancho excesivo de los anillos puede reducir la densidad de la madera. La densidad puede ser un buen indicador de las propiedades mecánicas siempre que la sección de madera tenga la veta recta, esté libre de nudos y defectos. El valor de la densidad como un indicador de las propiedades mecánicas también puede reducirse por la presencia de resinas y extractivos, los cuales pueden afectar adversamente las propiedades mecánicas. Considerando esto, la predicción de la resistencia con base en únicamente la densidad no siempre es satisfactoria. Estudios de investigación muestran un coeficiente de determinación, R2, clasificando de 0.16 a 0.4 la densidad y 0.2 a 0.33 el ancho anual de los anillos.

La gravedad específica o la densidad relativa es una medida de la sustancia solida de la madera. Generalmente se expresa como la razón de peso seco de la madera secada en horno con el peso de un volumen igual de agua. Debido a que el volumen de agua varía con el contenido de humedad de la madera, la gravedad específica de la madera usualmente se expresa con cierto contenido de humedad. La gravedad específica básica de la madera comercial secada en horno varía en los rangos de 0.29 a 0.81, la mayoría cae entre 0.35 y 0.60.

4.4.6 Conversión de la madera. Una vez que el árbol ha caído en el boque, se remueve la copa y con frecuencia se descorteza en el bosque. Los troncos se clasifican y almacenan bajo rociadores de agua para prevenir que se sequen. Algunos de los troncos de mejor calidad se envían a plantas de peladura para la manufactura de chapas de madera pero la mayoría (dependiendo de la calidad) son enviados a aserraderos para convertirlos troncos redondos en madera rolliza. Hay muchos patrones de corte usados para producir madera, pero el primer paso en la mayoría de las operaciones de aserradero empezará con la exploración del tronco para alinearlo de la mejor manera y asignarle un patrón de corte para que tenga el retorno óptimo; luego se remueve uno o dos extremos para darle una forma plana.

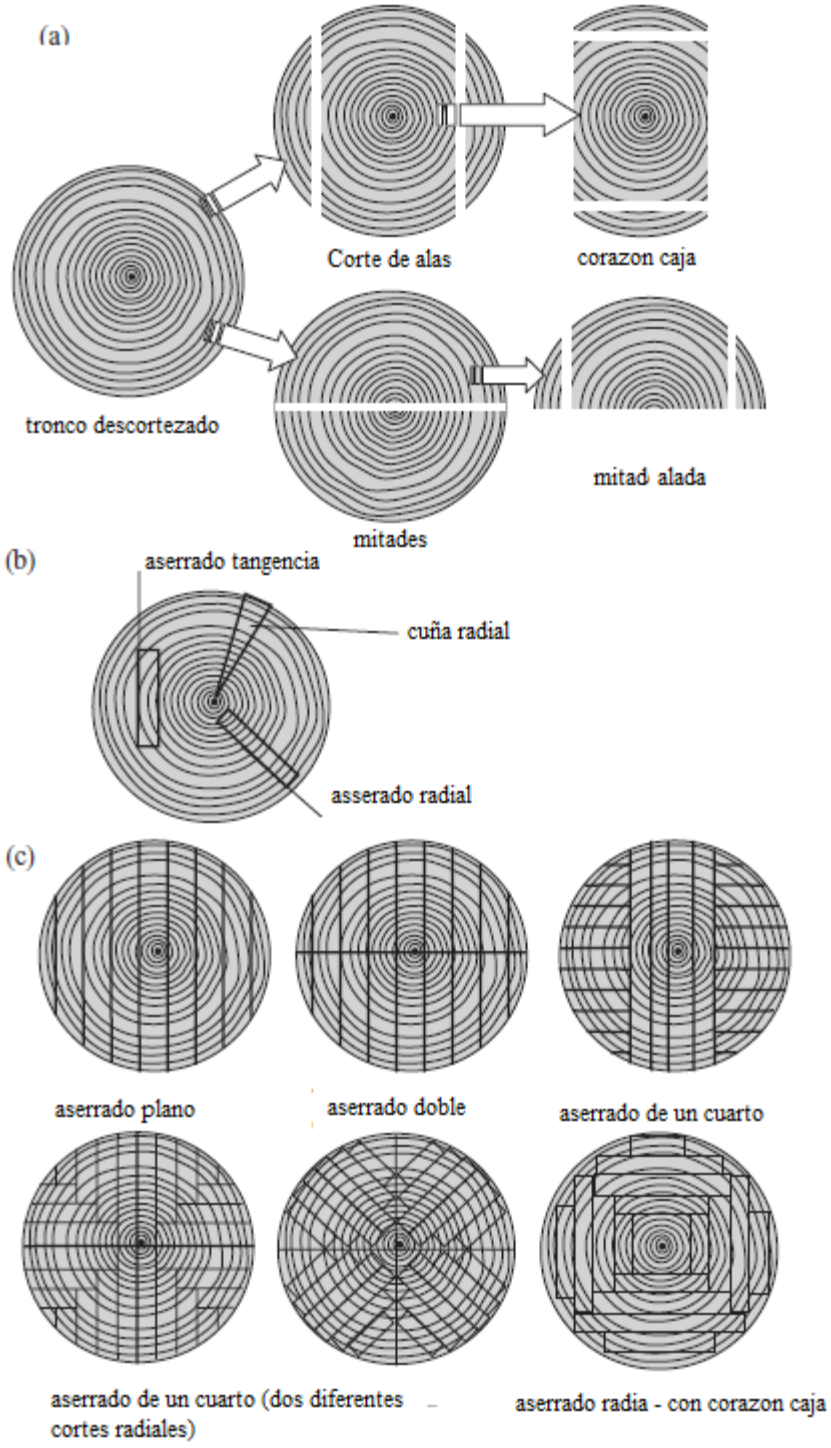
Cada aserradero establece sus propios patrones de corte para troncos de diferentes tamaños; maximizando el número de piezas que son cortadas en los tamaños más populares. La conversión transversal produce madera rolliza mayormente tangencial y algunas secciones de rebanado en cuarto. La madera rolliza tangencialmente es de producción económica por los métodos de producción relativamente menos repetitivos. Encajado de corazón (Figura 3) elimina el duramen desde los bordes que de otra forma producirían madera juvenil o pudrimiento.

Las técnicas de corte en cuartos son procesos más caros, con más gasto, debido a la necesidad de manipular doblemente (o más) el tronco. Sin embargo, ellas son más decorativas y menos propensas a ahuecamiento o distorsión.

Hay muchas variaciones alternativas de cortes tangenciales y radiales para obtener los tablones mejores o más económicos para el uso final. Algunos ejemplos de métodos de *desgloses* y diferentes patrones de corte se muestran en la Figura 3.

En árboles en crecimiento, todas las paredes celulares incluyendo sus vacíos, ambos la albura y el duramen, se encuentran saturados con agua (contenido de humedad en exceso del 100%). Cuando un árbol se corta y su contenido de humedad cae alrededor del 27%, la única humedad que queda es el agua ligada, la cual es parte de la pared celular. Este estado se conoce como *punto de saturación de la fibra*. La madera, en general, es dimensionalmente estable cuando su contenido de humedad es mayor que el punto de saturación de la fibra. El proceso de secado la madera aserrada idealmente debe remover más de una tercera parte de la humedad de las paredes celulares. La madera en esta etapa se conoce como seca con un contenido de humedad entre 12 y 25% (dependiendo del método y la duración del secado, es decir aire, horno, solar, microondas, etc.)

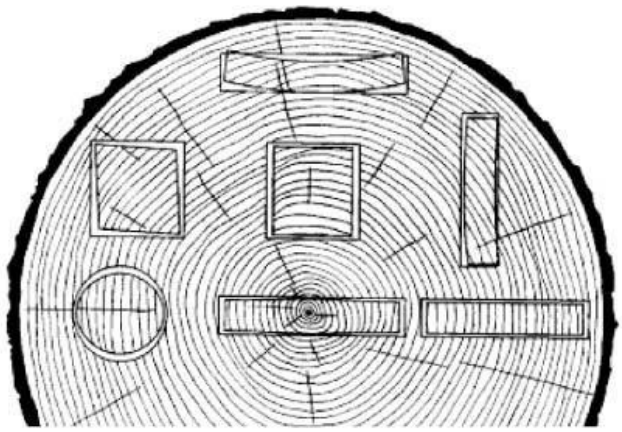
Figura 3. Ejemplos de desglosamiento de troncos y patrones de corte



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

La madera cambia dimensionalmente con el cambio de la humedad bajo el punto de saturación de sus fibras: se encoje cuando pierde humedad y se hincha cuando gana humedad. Estos cambios dimensionales son mayormente en la dirección del crecimiento anual de los anillos (tangencialmente), con cerca de la mitad a través de los anillos (radialmente) y principalmente afecta las dimensiones transversales (perpendiculares a la veta) y puede resultar en deformaciones, agrietamiento o ruptura de la madera. El encogimiento longitudinal de la madera (encogimiento paralelo a la veta) para la mayoría de especies generalmente es muy pequeño. Los efectos combinados del encogimiento radial y tangencial (encogimiento diferencial) pueden distorsionar la madera aserrada. La mayoría de tipos de distorsión como resultado de estos efectos después del secado para varios cortes transversales en diferentes posiciones en un tronco se muestran en la Figura 4

Figura 4. Distorsión de varias secciones transversales

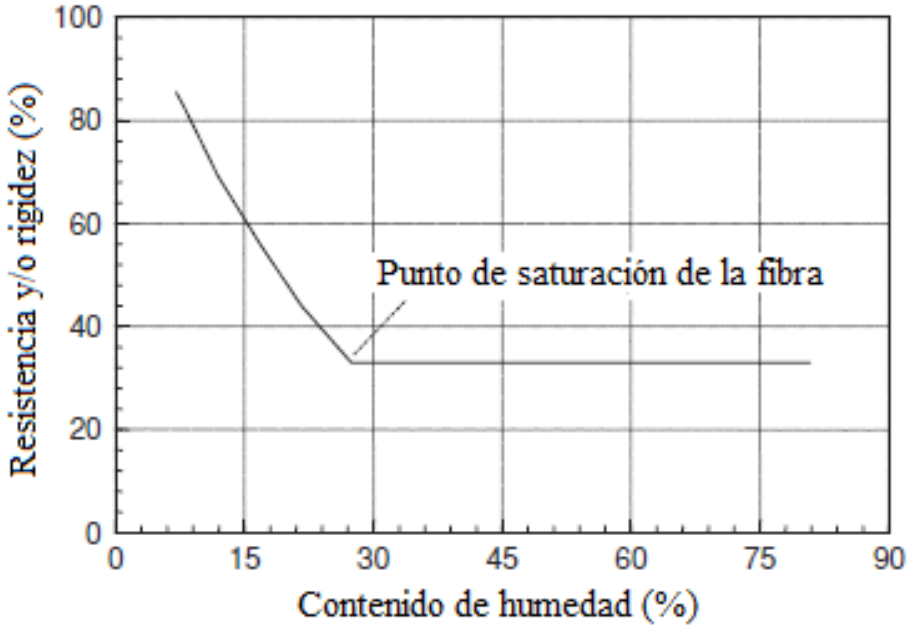


Fuente: Porteous & Kermani, 2007

El cambio en el contenido de humedad de la madera también afecta su resistencia, rigidez y resistencia al pudrimiento. La mayoría de la madera se seca al aire con un contenido de humedad entre 17 y 23% (el cual está generalmente bajo el punto de saturación de la fibra) al que las paredes de la célula están aún saturadas pero la humedad es removida de las cavidades de la célula. La Figura 5 refleja la relación general entre la resistencia y/o la rigidez características de la madera y su contenido de humedad. La figura muestra que hay una pérdida casi lineal en la fuerza y rigidez a medida que el contenido de humedad se incrementa hasta cerca del 27%, correspondiendo al punto de saturación de la fibra. Mayores incrementos en el contenido de humedad no tienen influencia ni en la resistencia ni la rigidez. Note que la mayoría de las

propiedades en el patrón de cambio en las características de resistencia y rigidez con respecto al cambio en el contenido de humedad es similar, sin embargo la magnitud del cambio es diferente de una propiedad a otra. También debe notarse que a medida que el contenido de humedad disminuye el encogimiento incrementa.

Figura5. Relación general entre la resistencia y/o rigidez y el contenido de humedad

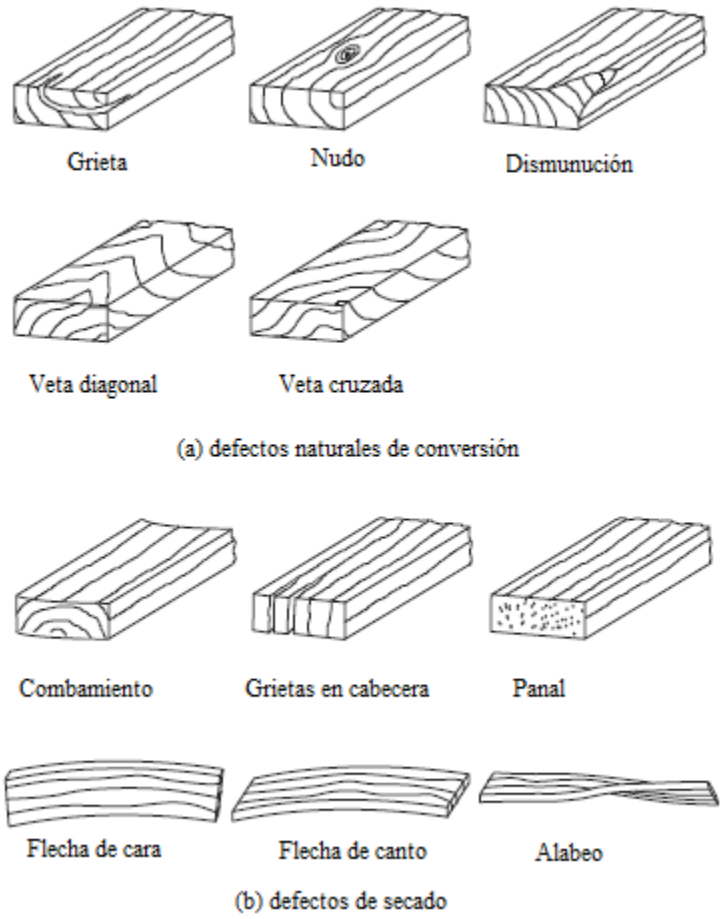


Fuente: Porteous & Kermani, 2007

La madera se describe como higroscópica, que significa que intenta alcanzar un contenido de humedad en equilibrio con el ambiente que le rodea, resultando en un contenido de humedad variable. Esto debe considerarse siempre que se use madera, particularmente maderas blandas, las cuales son más susceptibles a encogimiento que las maderas duras.

A medida que los troncos varían en sección transversal a lo largo de su longitud, usualmente disminuyendo gradualmente a un extremo, una tabla que es rectangular en un extremo de su longitud podría no ser igual en el otro extremo. La sección transversal rectangular puede interceptarse con el exterior del tronco, y consecuentemente tener un borde redondo. El efecto de un borde redondo es la reducción en el área de la sección transversal resultando en la reducción de las propiedades de resistencia. Un borde redondo es un ejemplo de la un defecto de conversión, este y otros ejemplos con de defectos de conversión y naturales se muestran en la Figura 6 inciso (a).

Figura6. Defectos en la madera



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

4.4.7 Secado. El secado es el proceso controlado de reducción del contenido de humedad de la madera de forma que sea adecuada para el ambiente y el uso previsto. Hay dos métodos principales para el secado de la madera secado al aire y secado en horno; otros métodos menos comunes incluyen técnicas solares y de microondas. Todos los métodos requieren que la madera se coloque uniformemente, separada por espaciadores alrededor de 25 mm para permitir la circulación completa del aire alrededor de la pila. Con frecuencia, los bordes de las tablas se sellan por medio de un sellador adecuado o se cubren para prevenir el secado rápido a través del extremo de la veta. Sin embargo, con el secado al aire usualmente no es posible obtener menos que 16-17% de contenido de humedad. Para secados mayores se requieren ser llevadas a cabo dentro de un edifico calentado y ventilado.

El método de secado en horno se basa en un ambiente controlado que usa circulación de aire a través de grandes ventiladores o calefactores, calentando de alguna forma provista de tuberías de vapor juntas con un sistema de control de humedad para secar la madera. La cantidad y duración del aire, calor y humedad penden de la especie, cantidad, tamaño, cantidad, etc.

4.4.8 Defectos del secado. Los defectos del secado están directamente relacionados a los movimientos que ocurren en la madera debido a los cambios del contenido de humedad. El secado excesivo o irregular, así como la presencia de madera de compresión, madera juvenil o hasta nudos, exposición al viento y lluvia, y pobre apilamiento y espaciado durante el secado pueden producir defectos o distorsiones en la madera. Ejemplos de defectos de secado como ventosas (en cortes tangenciales), rajaduras en extremos, albeo, arqueadora, etc. se ilustran en la Figura 6. Todos esos defectos tienen un efecto en la resistencia estructural así como estabilidad, durabilidad y la apariencia del acabado.

4.4.9 Grietas y fisuras. Son causadas por la separación de las fibras a lo largo de la formación de la veta y grietas que aparecen en una cara o en el final de la veta pero no necesariamente continúan a través del otro lado. Su presencia puede indicar pudrimiento o el inicio de este.

4.4.10 Pudrimiento micótico. Este puede ocurrir en la madera madura en crecimiento incluso en madera convertida, y en general es una buena práctica rechazar tales maderas.

4.5 Tamaño de las secciones

En general, es posible diseñar estructuras de madera usando cualquier tamaño de madera. Sin embargo, dado que el uso específico de la madera no se conoce desde el momento de su fabricación, los aserraderos tienden a producir rangos de madera en “tamaños estandarizados”. Al especificar tamaños estandarizados se obtienen con frecuencia ahorros en costos y mayor disponibilidad.

Existen numerosas alternativas en tamaños y acabados de perfiles de maderas. Entre los acabados se ofrece: el aserrado (rústico), cepillado y el lijado y pulido. Por ejemplo, el corte de una sección rústica con contenido de humedad de 20% llega a presentar una desviación en el espesor así: para espesores de hasta 100 mm, de -1 mm y +3 mm, y para espesores mayores de 100 mm, de -2 mm y +6 mm. Las secciones aserradas deben usarse únicamente en situaciones

donde las tolerancias de las dimensiones no sean significativas. Al colocar dos bordes en paralelo de una dimensión específica se debe tener un corte regularizado, y para colocar cuatro bordes en un plano con dimensiones especificadas, se debe llevar un proceso de corte "planificado completo".

4.6 Productos fabricados de madera PFM

Los perfiles de madera aserrada disponibles en maderas suaves son limitados en tamaño y calidad. Las secciones más grandes disponibles son de 75 mm de espesor X 225 mm de ancho y de hasta 5 m de largo. Cualquier sección mayor a este tamaño podría presentar potencialmente defectos de fabricación. Los PFMs son desarrollados para corregir las limitaciones de la madera aserrada y son producidos en combinación con adhesivos y una variedad de formas:

- Placas delgadas secas de madera son encoladas y adheridas para formar madera laminada o MLE.
- Madera contrachapada unida por fibras entrecruzadas en capas distintas para producir madera contrachapada o madera microlaminada (LVL)
- Astillas en distintos tamaños para producir tableros de fibras entrelazadas, y de tableros de fibras orientadas en un sentido (OSB, Oriented Strand Board)
- Cortadas de formas diferentes para producir madera fibras en paralelo (PSL) conocidas como Parallam o madera laminada en fibras (LSL) conocida como TimberStrand.

Estos productos se prueban y analizan en laboratorios para determinar las especificaciones de diseño para unificar y adaptarse a estándares internacionales.

Los PFMs pueden incluir productos que han sido fabricados con pegamento o arreglos donde mecánicamente se han colocado dos o más de los productos mencionados arriba para formar miembros estructuralmente eficientes o sistemas como vigas-I y viga-caja o en combinación con materiales para hacer un rango de sistemas con valores añadidos como los paneles estructurales.

Los PFMs pueden preferirse en algunas aplicaciones en lugar de la madera rolliza por presentar las siguientes ventajas:

- Estas pueden ser fabricadas de acuerdo a alguna aplicación específica de diseño.
- Se pueden fabricar paneles grandes o tablones a partir de pequeños trozos con defectos removidos o dispersados.

- Estos son ocasionalmente más resistentes y menos propensos al pandeo por humedad que madera rolliza equivalente, sin embargo los tableros de arreglos fibrosos absorben gradualmente la humedad del ambiente a menos que estos sean tratados con selladores o protegidos con pintura impermeable.

Los PFMs son más costosos de producir que elementos de madera rolliza, pero ofrecen ventajas, incluyendo algunas económicas, cuando se fabrican piezas grandes comparando la disponibilidad de troncos de árboles grandes para formar secciones grandes.

4.6.1 Madera Laminada Encolada (MLE). La madera laminada colada, MLE, se fabrica con tablas de madera unidas por medio de adhesivos sobreponiendo una lámina sobre otra de manera que las fibras mantengan su dirección paralela a las fibras de la tabla inferior a lo largo del eje longitudinal. Las tablas individuales típicamente tienen espesor de 19-50 mm, 1.5-5 m de longitud, y son procesadas con terminaciones en los extremos interdentados, luego colocadas de manera aleatoria sobre un componente MLE. Normalmente, las láminas se secan alrededor del 12-18 % del contenido de humedad antes de ser procesadas y ensambladas. La unión entre bordes permite ensanchar y alargar las vigas más que las secciones de madera disponibles en el mercado.

El ensamblaje se realiza comúnmente colocando mezcla adhesiva entre los rostros de las láminas. Estas son colocadas a presión por mecanismos hidráulicos con formas y tamaños configurados, acomodando los ángulos para pegar los bordes alineados, sosteniendo hasta que seque del pegamento por completo. La madera laminada se corta posteriormente, moldeada y se le aplica algún conservante específico y tratamientos para dejar un acabado completo.

Las secciones de madera con espesores alrededor de 33 mm hasta un máximo de 50 mm se fabrican para elaborar miembros rectos o ligeramente curvados, mientras que las secciones más delgadas (19 mm, hasta 33 mm) son utilizadas para elaborar elementos curvos. Los miembros de madera laminada pueden ser construidos por secciones variables para producir vigas con secciones que disminuyen longitudinalmente, columnas, arcos y marcos.

La colocación sobrepuesta de las láminas hace posible lograr una calidad en la laminación hasta alcanzar un nivel de resistencia de diseño. Las vigas pueden ser fabricadas con mayores grados de laminación en las regiones exteriores de las estructuras, mientras que en las regiones interiores se puede lograr colocar miembros con menor grado de laminación. Estos conceptos combinados permiten optimizar el uso de la madera.

El diseño de miembros de madera laminada será mencionado más adelante especificando valores de resistencia, rigidez y propiedades de densidad homogénea (una única lamina) o miembros combinados (varios grados de laminación).

4.6.2 Madera contrachapada.

La madera contrachapada es un panel plano constituido de varias capas o láminas de madera contrachapada pegadas a presión. Fue el primer tipo de PFM inventado. Los troncos son descortezados y colocados en vapor o calentados en agua caliente por aproximadamente 24 horas. Estos son recortadas hasta alcanzar láminas de 2-4 mm de espesor y luego adheridas en hojas de 2 m de ancho. Luego del secado y pegado, las fibras son colocadas sobre una capa perpendicular a la otra pegadas bajo presión en un número impar de pliegos.

4.7 Tratamiento conservante para la madera

Bajo condiciones ideales la madera no debería deteriorarse, sin embargo cuando la madera se utiliza en condiciones exponiéndose a la intemperie, se torna susceptible a degradarse por distintas causas naturales. Esta no sufrirá putrefacción y ataques de insectos a menos que sea naturalmente resistente o esté protegida por un conservante. Generalmente, la madera con un contenido de humedad mayor al 20% es susceptible al ataque de hongos; maderas de cualquier especie mantenidas en condiciones secas permanecerá robusta; sin embargo, la madera seca puede ser sujeto de ataques de insectos. La madera puede ser protegida de ataques de hongos, insectos o agentes marinos por medio de la aplicación de químicos conservantes. El grado de protección alcanzado dependerá del conservante utilizado y la adecuada penetración y retención de los químicos, así como también la amenaza de variadas especies, también dentro del duramen y la albura. Algunos conservantes son más efectivos que otros, y algunos son más adaptables requerimientos específicos de uso.

Existen varios métodos de aplicación de tratamiento con conservantes. La impregnación a presión con transmitidas con líquidos es apropiados para maderas en contacto con el suelo o bajo condiciones de susceptibilidad alta. La impregnación por vacío con solvente orgánico es recomendado para tratar juntas de madera. La micro emulsión, con nuevos productos ambientalmente aceptados, son disponibles en el mercado actualmente. Los conservantes deben ser aplicados bajo condiciones controladas supervisados por una planta de tratamiento de la madera.

4.8 Propiedades de algunos PFM

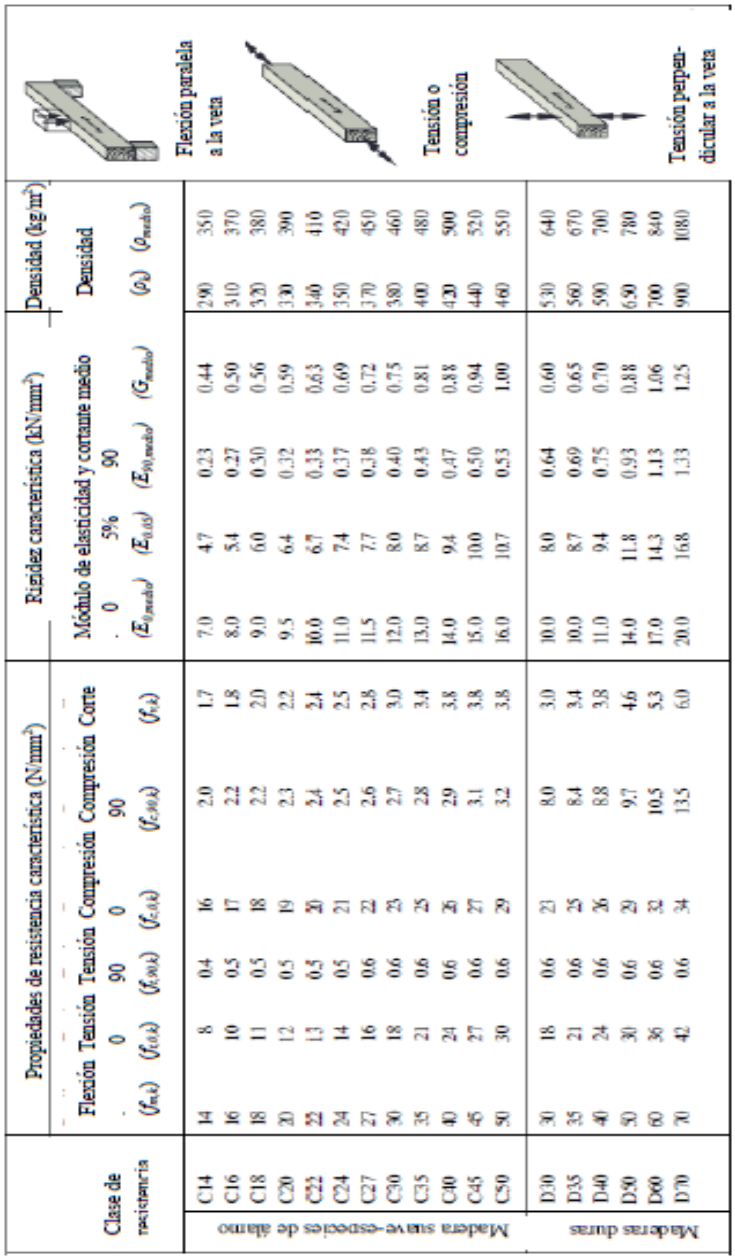
Tabla2. Densidad de la madera contrachapada

Madera Contrachapada	Densidad media (kg/m^3) ρ_{medio}	Densidad Característica (kg/m^3) ρ_k
Abedul (pliego 1.4 mm)	680	630
Abedul-cara (pliego 1.4 mm)	620	560
Conífera (pliego 1.4 mm (delgado))	520	460
Conífera (pliego grueso)	460	400

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Tabla 3. Resistencia y propiedades para clases de resistencia de madera estructural.

	Clase de resistencia	Propiedades de resistencia característica (N/mm²)					Rigidez característica (kN/mm²)				Densidad (kg/m³)	
		Flexión 0	Tensión 0	Tensión 90	Compresión 0	Compresión 90	Módulo de elasticidad y cortante medio 0	5%	90		Densidad	
		$(f_{m,k})$	$(f_{t,0,k})$	$(f_{t,90,k})$	$(f_{c,0,k})$	$(f_{c,90,k})$	$(E_{0,medio})$	$(E_{0,05})$	$(E_{90,medio})$	(G_{medio})	(ρ_k)	(ρ_{medio})
Madera suave-especies de álamo	C14	14	8	0.4	16	2.0	7.0	4.7	0.23	0.44	290	350
	C16	16	10	0.5	17	2.2	8.0	5.4	0.27	0.50	310	370
	C18	18	11	0.5	18	2.2	9.0	6.0	0.30	0.56	320	380
	C20	20	12	0.5	19	2.3	9.5	6.4	0.32	0.59	330	390
	C22	22	13	0.5	20	2.4	10.0	6.7	0.33	0.63	340	410
	C24	24	14	0.5	21	2.5	11.0	7.4	0.37	0.69	350	420
	C27	27	16	0.6	22	2.6	11.5	7.7	0.38	0.72	370	450
	C30	30	18	0.6	23	2.7	12.0	8.0	0.40	0.75	380	460
	C35	35	21	0.6	25	2.8	13.0	8.7	0.43	0.81	400	480
	C40	40	24	0.6	26	2.9	14.0	9.4	0.47	0.88	420	500
	C45	45	27	0.6	27	3.1	15.0	10.0	0.50	0.94	440	520
	C50	50	30	0.6	29	3.2	16.0	10.7	0.53	1.00	460	550
Maderas duras	D30	30	18	0.6	23	8.0	10.0	8.0	0.64	0.60	530	640
	D35	35	21	0.6	25	8.4	10.0	8.7	0.69	0.65	560	670
	D40	40	24	0.6	26	8.8	11.0	9.4	0.75	0.70	590	700
	D50	50	30	0.6	29	9.7	14.0	11.8	0.93	0.88	650	780
	D60	60	36	0.6	32	10.5	17.0	14.3	1.13	1.06	700	840
	D70	70	42	0.6	34	13.5	20.0	16.8	1.33	1.25	900	1080



Los subíndices usados son: 0, dirección paralela a la veta; 90, dirección perpendicular a la veta; m, flexión; t, tensión; c, compresión; v, corte; k, característico

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Tabla 4. Resistencia y propiedades de madera contrachapada estructural americana y sueca.

Propiedades de la sección		Resistencia Característica (N/mm²)								Densidad (kg/m³)		Módulo de Rigidez media (N/mm²)	Módulo de elasticidad medio (N/mm²)			
		Flexión		Compresión		Tensión		Panel cortante	Cortante Planar	Característico	media	Panel Cortante	Flexión		Tensión y compresión	
Tipo madera contrachapada	Espesor nominal (mm)	$f_{m,0,k}$	$f_{m,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,k}$	ρ_k	ρ_{mean}	$G_{v,mean}$	$E_{m,0,mean}$	$E_{m,90,mean}$	$E_{t/c,0,mean}$	$E_{t/c,90,mean}$
Americano	12.5	23.5	12.2	13.9	8.1	13.6	7.2	3.2	0.9	410	460	500	10300	2500	6800	4600
Grado: C-D	21	14.8	10.1	10.6	7.7	10.5	6.9	3.2	0.9	410	460	500	7800	2500	5200	3900
Exposición 1 (CDX)																
Sueco	12	23.0	11.4	15.0	12.0	15.0	12.0	2.9	0.9	410	460	500	9200	4600	7200	4800
Grado: P30	24	21.6	12.4	15.4	11.4	15.4	11.4	2.9	0.9	410	460	500	8700	5000	7400	4600

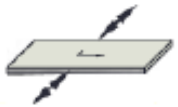
Nota: 1. El valor característico de módulo de elasticidad, $E_{0,k} = 0.8 \times E_{0,media}$

2. El número de pliegos es ≥ 5

Flexión paralela a la veta

Flexión perpendicular a la veta

Tensión o compresión paralela a la veta



Tensión o compresión perpendicular a la veta

Plano cortante

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

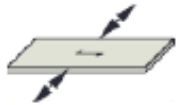
Tabla5. Resistencia y propiedades de madera contrachapada estructural americana y sueca.

Propiedades de la sección			Resistencia Característica (N/mm²)									Módulo de Rigidez media (N/mm²)			Módulo de elasticidad medio (N/mm²)			
			Flexión		Compresión		Tensión		Panel cortante	Cortante Planar		Corte medie	Panel Cortante		Flexión		Tensión y compresión	
Espesor nominal (mm)	Número de pliegos	Espesor medio (mm)	$f_{m,0,k}$	$f_{m,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,0,k}$	$f_{r,90,k}$	$G_{v,mean}$	$G_{r,0,mean}$	$G_{r,90,mean}$	$E_{m,0,mean}$	$E_{m,90,mean}$	$E_{t/c,0,mean}$	$E_{t/c,90,mean}$
6.5	5	6.4	50.8	29.0	24.5	22.8	19.1	32.8	7.0	3.20	1.14	600	169	41	12690	4763	8859	7656
9	7	9.2	43.9	32.1	22.5	23.7	17.5	34.2	7.0	2.68	1.51	593	206	52	10983	6105	8141	7989
12	9	12.0	40.0	33.2	21.5	24.3	16.7	35.0	7.0	2.78	1.42	589	207	57	10012	6781	7758	8167
15	11	14.8	37.5	33.8	20.8	24.6	16.2	35.5	7.0	2.62	1.53	586	207	59	9386	7184	7520	8277
18	13	17.6	35.8	34.1	20.4	24.8	15.8	35.8	7.0	2.67	1.50	584	206	61	8950	7452	7358	8352
21	15	20.4	34.5	34.3	20.0	25.0	15.6	36.0	7.0	2.59	1.55	583	206	62	8628	7642	7240	8407
24	17	23.2	32.9	34.4	19.8	25.1	15.4	36.2	7.0	2.62	1.53	582	206	63	8381	7783	7151	8448
27	19	26.0	31.2	34.5	19.6	25.2	15.3	36.3	7.0	2.57	1.56	581	205	63	8185	7893	7081	8481
30	21	28.8	29.9	34.6	19.5	25.3	15.1	36.5	7.0	2.59	1.54	581	205	64	8026	7981	7024	8507

Flexión paralela a la veta

Flexión perpendicular a la veta

Tensión o compresión paralela a la veta



Tensión o compresión perpendicular a la veta

Plano cortante

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

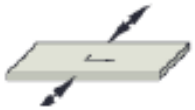
Tabla 6. Madera contrachapada combi de Finlandia; propiedades de resistencia y rigidez.

Propiedades de la sección			Resistencia Característica (N/mm²)									Módulo de Rigidez media (N/mm²)			Módulo de elasticidad medio (N/mm²)			
			Flexión		Compresión		Tensión		Panel cortante	Cortante Planar		Corte medie	Panel Cortante		Flexión		Tensión y compresión	
Espesor nominal (mm)	Número de pliegos	Espesor medio (mm)	$f_{m,0,k}$	$f_{m,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,0,k}$	$f_{r,90,k}$	$G_{v,mean}$	$G_{r,0,mean}$	$G_{r,90,mean}$	$E_{m,0,mean}$	$E_{m,90,mean}$	$E_{t/c,0,mean}$	$E_{t/c,90,mean}$
4	3	3.6	65.9	10.6	31.8	20.2	45.8	29.2	9.5	2.77	–	620	169	–	16471	1029	10694	6806
6.5	5	6.4	50.9	29.0	29.3	22.8	42.2	32.8	9.5	3.20	1.78	620	169	123	12737	4763	9844	7656
9	7	9.2	45.6	32.1	28.3	23.7	40.8	34.2	9.5	2.68	2.35	620	206	155	11395	6105	9511	7989
12	9	12.0	42.9	33.2	27.7	24.3	40.0	35.0	9.5	2.78	2.22	620	207	170	10719	6781	9333	8167
15	11	14.8	41.3	33.8	27.4	24.6	39.5	35.5	9.5	2.62	2.39	620	207	178	10316	7184	9223	8277
18	13	17.6	40.2	34.1	27.2	24.8	39.2	35.8	9.5	2.67	2.34	620	206	183	10048	7452	9148	8352
21	15	20.4	39.4	34.3	27.0	25.0	39.0	36.0	9.5	2.59	2.41	620	206	186	9858	7642	9093	8407
24	17	23.2	38.9	34.4	26.9	25.1	38.8	36.2	9.5	2.62	2.39	620	206	189	9717	7783	9052	8448
27	19	26.0	38.4	34.5	26.8	25.2	38.7	36.3	9.5	2.57	2.43	620	205	190	9607	7893	9019	8481
30	21	28.8	38.1	34.6	26.7	25.3	38.5	36.5	9.5	2.59	2.41	620	205	192	9519	7981	8993	8507
35	25	34.4	37.6	34.7	26.6	25.4	38.4	36.6	9.5	2.57	2.43	620	204	193	9389	8111	8953	8547
40	29	40.0	37.2	34.7	26.5	25.5	38.3	36.8	9.5	2.56	2.44	620	204	195	9296	8204	8925	8575
45	32	44.2	37.0	34.7	26.5	25.5	38.2	36.8	9.5	2.55	2.46	620	203	195	9259	8241	8914	8586
50	35	48.4	36.8	34.8	26.4	25.6	38.1	36.9	9.5	2.54	2.46	620	203	196	9198	8302	8895	8605

Flexión paralela a la veta

Flexión perpendicular a la veta

Tensión o compresión paralela a la veta



Tensión o compresión perpendicular a la veta

Plano cortante

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

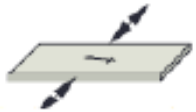
Tabla 7.Madera contrachapada de coníferas de Finlandia con chapas delgas.

Propiedades de la sección			Resistencia Característica (N/mm²)								Módulo de Rigidez media (N/mm²)			Módulo de elasticidad medio (N/mm²)			
			Flexión		Compresión		Tensión		Panel cortante	Cortante Planar							
											Panel Cortante		Corte medie	Flexión		Tensión y compresión	
Espesor nominal (mm)	Número de pliegos	Espesor medio (mm)	$f_{m,0,k}$	$f_{m,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{v,k}$	$f_{r,0,k}$	$f_{r,90,k}$	$G_{v,rscan}$	$G_{r,0,mean}$	$G_{r,90,rscan}$	$E_{m,0,rscan}$	$E_{m,90,rscan}$	$E_{t/c,0,mean}$	$E_{t/c,90,mean}$
4	3	3.6	37.6	6.0	22.0	14.0	17.1	10.9	7.0	1.77	–	530	56	–	12235	765	7944	5056
6.5	5	6.4	29.1	16.6	20.3	15.8	15.8	12.3	7.0	2.05	1.14	530	66	41	9462	3538	7313	5688
9	7	9.2	26.0	18.3	19.6	16.4	15.2	12.8	7.0	1.72	1.51	530	69	52	8465	4535	7065	5935
12	9	12.0	24.5	19.0	19.2	16.8	14.9	13.1	7.0	1.78	1.42	530	69	57	7963	5037	6933	6067
15	11	14.8	23.6	19.3	19.0	17.0	14.8	13.2	7.0	1.68	1.53	530	69	59	7663	5337	6851	6149
18	13	17.6	23.0	19.5	18.8	17.2	14.6	13.4	7.0	1.71	1.50	530	69	61	7464	5536	6795	6205
21	15	20.4	22.5	19.6	18.7	17.3	14.5	13.5	7.0	1.66	1.55	530	69	62	7323	5677	6755	6245
24	17	23.2	22.2	19.7	18.6	17.4	14.5	13.5	7.0	1.68	1.53	530	69	63	7218	5782	6724	6276
27	19	26.0	22.0	19.7	18.6	17.4	14.4	13.6	7.0	1.65	1.56	530	68	63	7137	5863	6700	6300
30	21	28.8	21.8	19.8	18.5	17.5	14.4	13.6	7.0	1.66	1.54	530	68	64	7072	5928	6681	6319

Flexión paralela a la veta

Flexión perpendicular a la veta

Tensión o compresión paralela a la veta



Tensión o compresión perpendicular a la veta

Plano cortante

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Tabla 8. Propiedades de madera contrachapada de madera suave canadiense

Propiedades de la sección		Densidad media (kg/m³)	Resistencia Característica (N/mm²)								Módulo de Rigidez medio (N/mm²)	Módulo de elasticidad medio (N/mm²)			
			Flexión		Compresión		Tensión		Panel cortante	Cortante Planar		Panel Cortante	Flexión		Tensión y compresión	
Espesor nominal (mm)	Número de pliegos	ρ_{mean}	$f_{m,0,k}$	$f_{m,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{v,0,k}$	$f_{r,0,k}$	$f_{r,90,k}$	$G_{v,mean}$	$E_{m,0,mean}$	$E_{m,90,mean}$	$E_{t/c,0,mean}$	$E_{t/c,90,mean}$
7.5	3	420	24.0	5.5	16.1	8.1	12.3	4.4	3.5	1.07	0.33	430	8780	510	6590	3300
9.5	3	420	22.6	5.4	12.7	8.0	9.7	4.3	3.5	0.89	0.33	430	8330	490	5200	3250
12.5	4	420	22.3	7.0	12.1	11.7	9.2	6.4	3.5	0.91	0.48	430	8320	1230	4940	4780
12.5	5	420	20.2	10.4	14.5	9.7	11.1	7.4	3.5	1.25	0.64	430	7510	2270	5930	3960
15.5	4	420	23.1	7.8	12.5	12.4	9.5	6.7	3.5	0.91	0.51	430	8690	1460	5120	5060
15.5	5	420	17.9	9.6	11.7	7.8	8.9	5.9	3.5	1.31	0.68	430	6740	2110	4780	3190
18.5	5	420	21.2	11.1	15.0	10.1	11.4	7.7	3.5	1.27	0.66	430	8040	2510	6120	4120
18.5	6	420	19.0	10.7	14.7	6.5	11.2	5.0	3.5	1.34	0.63	430	7210	2640	6010	2670
18.5	7	420	17.8	10.8	13.1	9.8	10.0	7.5	3.5	1.13	0.83	430	6740	2670	5340	4010
20.5	5	420	16.5	14.4	12.8	11.1	9.7	8.4	3.5	1.06	0.59	430	6260	3760	5230	4520
20.5	6	420	15.3	10.8	12.8	5.9	9.7	4.5	3.5	1.09	0.68	430	5820	2820	5230	2410
20.5	7	420	16.5	10.9	11.8	8.9	9.0	6.7	3.5	1.14	0.89	430	6260	2840	4820	3620
22.5	7	420	17.7	10.3	12.1	8.5	9.2	6.5	3.5	1.16	0.94	430	6720	2800	4940	3480
22.5	8	420	18.6	10.3	12.1	10.8	9.2	8.2	3.5	0.89	0.98	430	7080	2790	4940	4390
25.5	7	420	17.0	12.6	12.7	10.6	9.7	8.1	3.5	1.12	0.97	430	6500	3610	5210	4320
25.5	8	420	17.2	10.8	10.7	10.6	8.1	8.1	3.5	0.90	1.04	430	6650	3070	4360	4320
25.5	9	420	17.8	10.8	13.0	9.5	9.9	7.2	3.5	1.18	0.85	430	6780	3090	5330	3880
25.5	10	420	18.6	11.6	15.4	9.5	11.7	7.2	3.5	1.19	0.66	430	7090	3320	6300	3880
28.5	8	420	16.4	12.7	10.4	12.2	7.9	9.3	3.5	0.90	1.07	430	6280	3760	4260	4990
28.5	9	420	16.4	10.4	11.7	8.5	8.9	6.5	3.5	1.20	0.90	430	6290	3100	4770	3470
28.5	10	420	17.1	11.2	13.8	8.5	10.5	6.5	3.5	1.21	0.69	430	6540	3320	5640	3470
28.5	11	420	18.0	11.7	13.8	10.6	10.5	8.1	3.5	1.12	0.90	430	6900	3490	5640	4340
31.5	8	420	17.0	14.1	11.8	10.6	9.0	10.2	3.5	0.86	1.10	430	6490	3490	4840	5490
31.5	9	420	15.9	12.3	11.8	10.1	9.0	7.7	3.5	1.18	0.91	430	6080	3750	4840	4120
31.5	10	420	15.7	10.7	12.5	7.7	9.5	5.9	3.5	1.22	0.72	430	6010	3280	5100	3140
31.5	11	420	16.7	11.2	12.5	9.6	9.5	7.3	3.5	1.13	0.94	430	6380	3420	5100	3920

Flexión paralela a la veta

Flexión perpendicular a la veta

Tensión o compresión paralela a la veta

Tensión o compresión perpendicular a la veta

Plano cortante

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

5. INTRODUCCIÓN A LOS EUROCÓDIGOS

5.1 Introducción

El EC0 provee de una guía estructurada de diseño, en la cual se tomó referencia para el resto de la guía, la cual utiliza los estados límite de diseño.

En esta sección, la metodología utilizada y aplicación será sobre el diseño de estructuras constituidas de madera y productos derivados fabricados de madera, adicionalmente se ilustraron con imágenes el contenido del EC5 para mostrar cómo se interpretan y relacionan los procedimientos en el diseño.

5.2 Euro código 0: Bases del diseño estructural

5.2.1 Términos y definiciones (EC0, 1.5).

Algunos de los términos y definiciones utilizadas en EC0 se presentan a continuación:

- *Carga*. Éste es el término utilizados para las fuerzas o acciones aplicadas a la estructura (es decir, carga directa). Este término también se usa para desplazamientos impuestos, por ejemplo asentamientos (es decir, carga indirecta).
- *Reacción*. Este término es utilizado para los esfuerzos internos resultantes o desplazamientos en la estructura luego de ser aplicada una carga.
- *Carga permanente*. Este término es utilizado para una carga que estará siempre aplicada en la misma dirección (es decir, es monotónica) sobre un período de referencia dado sin variaciones en su magnitud, por ejemplo, el peso propio.
- *Carga variable*. Este término es utilizado para una carga que no es monotónica y puede variar en el tiempo, por ejemplo, cargas vivas.
- *Estados límite*. Establece el punto más allá en el que la estructura no cumplirá con los requerimientos de diseño para la cual fue diseñada.
- *Estado límite último (ELU)*. Estado límite asociado con el colapso o la forma equivalente de falla.
- *Estado límite de servicio (ELS)*. Estado límite asociado con el punto en el que el criterio de servicio definido ya no se cumplirá en la estructura.

- *ELS irreversible.* ELS donde algunos efectos de las acciones habiendo excedido el criterio de ELS permanecerán luego de que las acciones de ELS hayan sido removidas.
- *ELS reversible.* ELS donde ningún efecto de las acciones habiendo excedido el criterio de ELS permanecerán luego de que las acciones de ELS hayan sido removidas.
- *Criterio de servicio.* Requerimiento de diseño para un ELS.
- *Resistencia.* Es la capacidad de un elemento estructural el cual ha sido sometido a acciones sin fallar, por ejemplo la resistencia a cortante, resistencia a flexión.
- *Fiabilidad.* Es la habilidad de la estructura o elemento estructural de cumplir los requerimientos de diseño sobre la vida útil de diseño, y normalmente se expresa en términos probabilísticos.

5.2.2 Requerimientos básicos. Los principios fundamentales que cualquier estructura debe cumplir se dan en el EC0. Estos se resumen como:

- Durante su vida útil, esta debe soportar todas las acciones y permanecer en pie para su uso.
- Estos deben contar con una adecuada resistencia, servicio y durabilidad.
- Los requerimientos de resistencia al fuego se deben especificar.
- No debe ser susceptible a daños desproporcionados.

La adecuación del diseño de resistencia estructural, servicio y durabilidad serán satisfechos en conformidad con los EC5; la robustez será lograda si se está

- minimizando el peligro al cual la estructura estará expuesta,
- escogiendo una forma estructural que sea menos afectada por los tipos de peligro para los cuales es diseñada,
- seleccionando la estructura que pueda sobrevivir a daños localizados incluyendo la remoción de miembros o partes de la estructura,
- evitando en la medida de lo posible los sistemas estructurales que pueden colapsar sin ningún aviso,
- tratando los miembros estructurales juntos.

5.2.3 Manejo de la confiabilidad (EC0, 2.2).El diseño de una estructura debe satisfacer el criterio de confiabilidad y los requerimientos conceptuales que se dan en los EC0, 2.2. Las clases categorizadas a continuación se han establecido como altas (CC1), medianas

(CC2) y bajas (CC3), las cuales dependen de las consecuencias en pérdidas humanas, así como las consecuencias económicas, sociales o ambientales al momento de ocurrir una falla. La categoría la CC2 será para efectos de este trabajo la mayoría de las instalaciones en donde la madera o materiales relacionados con ella son usados para la estructura o miembros estructurales. Cada clase consecuente está relacionada al grado de confiabilidad (RC), con las clases CC1, CC2, y CC3 siendo relacionadas a las clases de confiabilidad RC1, RC2, y RC3 respectivamente. Cada clase de confiabilidad está asociada a un índice β de confiabilidad, el cual puede ser considerado como el coeficiente de seguridad alcanzado por esa clase.

Para las instalaciones que tienen una clasificación CC2, los valores mínimos recomendados de la confiabilidad se dan en la Tabla 9 y, como se menciona en el EC0, las estructuras diseñadas en conformidad con los requerimientos del EC0, EC1: las acciones en estructuras, y el EC5 resultarán generalmente en estructuras que cuentan con un índice de confiabilidad mayor a 3.8 para un período de referencia de 50 años. Para un período de 50 años, los índices de confiabilidad recomendados resultarán en una probabilidad de falla de la estructura entre un 10^{-4} y 10^{-5} en el ELU (estado límite último) y 10^{-1} y 10^{-2} en el ELS (estado límite de servicio).

Tabla 9.Valores mínimos para *β*

	Valores mínimos para β	
Clase de confiabilidad (RC) asociado con CC2: RC2 (irreversible)	ELU	ELS
1-año de período de referencia	4.7	2.9
50-años de período de referencia	3.8	1.5

* Basado en Tablas B2 y C2 en el EC0.

Fuente: Porteous & Kermany, 2007

También debe notarse que el logro de los niveles de confiabilidad anteriores dependerán en el chequeo estándar utilizado para los trazos, cálculos y especificaciones para el cumplimiento de la clase RC2, el estándar mínimo requerirá el chequeo de diferentes personas de las que son originalmente responsables del diseño y en acuerdo con la gestión de calidad en los sistemas de organización (EC0, Anexo B, Tabla B4).

5.2.4 Diseño de la vida útil (EC0, 2.3). En el inicio del proceso de diseño se debe especificarse "la vida útil" de diseño, ésta se define en el EC0 como:

> «El período asumido para el cual la estructura o parte de ella será utilizada para su propósito destinado con mantenimiento previo, pero sin mayores reparaciones que sean necesarias».

En el EC0, en la Tabla 9, se especifican las cinco categorías del diseño de la vida útil, y la categoría más típica asociada con las facilidades brindadas por las estructuras de madera diseñadas de acuerdo con los requerimientos del EC5 es de categoría 4. El diseño indicado de la vida útil de esta categoría es 50 años. Donde es de beneficio, se acepta que la vida útil de diseño sea de categoría 4 para la estructura e incorpore los elementos estructurales proveyendo con un período más corto en la vida útil de diseño para que estas puedan ser remplazadas sin un efecto adverso en la facilidad.

Es notable que la vida útil de diseño puede o no coincidir con el período de referencia usado para determinar los valores de diseño para los factores ambientales, es decir, la velocidad del viento y temperaturas extremas, etc. Siempre que el cliente implemente una política de mantenimiento de inspección y cumpla con los requisitos de mantenimiento del edificio y la estructura, la instalación permanecerá apta para su uso en la vida útil. Cuando se trata con estructuras de madera, es particularmente importante que la política de mantenimiento sea asegurada en cuanto al medio ambiente en el que las funciones de la estructura cumplen con la clase de servicio (véase la sección 5.2.20) para el cual ha sido diseñada.

5.2.5Durabilidad (EC0, 2.4). La durabilidad es la habilidad de una estructura y de sus elementos de permanecer en su posición para su uso cuando se mantiene adecuadamente durante su vida útil de diseño y debe incluir para efectos los factores deterioro que pueden surgir durante este período.

Los factores particulares resaltados en el EC0, 2.4 (2) que son relevantes para las estructuras de madera son los siguientes:

- *El criterio de diseño requerido*. El diseño tiene que ser definido al comienzo, identificando donde los elementos de la estructura requerirán ser remplazados durante su vida útil (de ser necesario) y asegurar que el diseño en estos remplazos puede llevarse a cabo durante el uso de la instalación.
- *La intencionalidad o el uso previsto de la estructura*. Por ejemplo, un factor que se debe incluir en la madera de piso o producto derivado de la madera será la permisibilidad para usar y desgastar durante su vida útil.
- *Condiciones ambientales previstas*. Esta particularidad es relevante para las estructuras de madera. Las propiedades de resistencia de la madera y productos derivados son

afectados por cambios en las condiciones ambientales y resulta esencial que durante la vida útil estos permanezcan funcionando bajo la clase de servicio para la cual ha sido diseñada.

- *Composición, propiedades y rendimiento de los materiales y productos*. Es aconsejable considerar el uso de materiales que mejoran la durabilidad, y el uso de tratamientos preservantes para la madera en las condiciones apropiadas debe ser una opción. En los casos en que se usan tratamientos preservantes y estos sean críticos para lograr la durabilidad requerida, el diseño debe ser tal que la reaplicación durante su vida útil puede realizarse asegurándose de que la instalación permanezca en utilización.
- *La selección del sistema estructural*. Cuando se deba utilizar un sistema estructural robusto, capaz de soportar los riesgos de diseño como lo son, en la posibilidad económica, los miembros estructurales redundantes en exceso sobre el criterio de robustez requerido por el código.
- *La calidad de la mano de obra y el nivel de control*. La fabricación y ensamblaje se deben completar de acuerdo a los requerimientos especificados, de otra manera pueden surgir problemas, reduciendo la durabilidad de los elementos de la estructura, por ejemplo la preparación y aplicación de adhesivos.
- *El mantenimiento previsto durante su vida útil de diseño.* Se debe preparar una estrategia de mantenimiento al comienzo del proceso de diseño y el edificio diseñado de tal manera que la estructura pueda estratégicamente permitir la accesibilidad durante su vida útil de diseño.

5.2.6 Gestión de la calidad (EC0, 2.5).

Un requisito del EC0 es que un sistema de calidad esté de acuerdo con los requisitos de la Norma del Sistema Internacional, ISO 9000, para ser aceptable. A menos que este sistema opere, el diseño no será aceptado como compatible con los requisitos de EC5.

5.2.7 Principios del estado límite de diseño: Generalidades (EC0, 3.1).

El concepto de estados límite de diseño es que los estados definidos una estructura pueden ser clasificados como satisfactorios o insatisfactorios. El estado límite es el estado más allá de donde la estructura no cumplirá con los criterios de diseño y será clasificada como insatisfactoria. Es posible establecer los estados límite para definir los estados de satisfacción, para simplificar el proceso de diseño EC0 ha definido dos estados:

- *Estado límite último*- asociado con la forma estructural de falla o colapso.
- *Estado límite de servicio*-asociado con las condiciones normales de servicio, por ejemplo las condiciones de deflexión y vibración.

En los ELU, se trata con condiciones extremas de seguridad y en los ELS se trata el nivel de confort y apariencia que es añadido y muestra, como en la Tabla 9, el nivel de confiabilidad usado en el proceso de diseño que será diferente para cada estado.

5.2.8 Situaciones de diseño (EC0, 3.2). La estructura debe ser diseñada para los efectos de las acciones y factores ambientales que ocurrirán durante su vida útil de diseño y el EC0 define cuatro situaciones de diseño que deben ser consideradas:

- *Situaciones persistentes de diseño*: condiciones de uso normal, por ejemplo el peso propio y acciones impuestas, incluyendo el viento, nieve, etc.
- *Situaciones transitorias de diseño:* se refiere a condiciones temporales, por ejemplo durante construcciones o reparaciones.
- *Situaciones accidentales de diseño*: condiciones excepcionales, por ejemplo explosiones o impacto.
- *Sísmicas*: condiciones que surgen de un evento sísmico.

5.2.9 Estado límite último (EC0, 3.3). Estos estados límite se encargan de la seguridad de las persona y/o la estructura. Así mismo, la protección del contenido que soporta la estructura se puede incluir para estos estados en el caso de que el diseñador concuerde con estos requerimientos.

Se enfocan los siguientes detalles para ELU que son relevantes para estructuras de madera y deben ser considerados:

- Pérdida de equilibrio de una parte o toda la estructura
- Falla por deformación excesiva
- Falla como un mecanismo
- Falla debida a la ruptura
- Falla debida a la pérdida de estabilidad

5.2.10 Estados límite de servicio (EC0, 3.4). Estos estados límite se concentran en la funcionalidad y apariencia (desplazamientos excesivos o grietas de tensión) de la

estructura, así como la comodidad para los usuarios. El ELS debe ser adoptado al comienzo del proyecto y se debe distinguir entre ambos estados aquellos casos que pueden resultar irreversibles y otros que serán reversibles. En la condición irreversible, el ELS será infringido permanentemente aun cuando las acciones que causan el exceso sean removidas. Estas condiciones son tratadas de la misma manera como las ELU, por ejemplo al primer exceso del ELS el diseño será compatible. En la condición reversible, cuando las acciones causantes del infringimiento se remueven, el exceso también se remueve. En estos casos, se puede acordar con el cliente acerca de cuáles situaciones caerán en esta categoría y la frecuencia de la ocurrencia que será aceptable.

El EC0 ha sido estructurado para acomodar los siguientes tres tipos de ELS:

a) No se permitirá el exceso.
b) La frecuencia y duración de los eventos de la excedencia, se acordarán con el cliente.
c) Los eventos de excedencia a largo plazo, se acordarán con el cliente.

Las combinaciones de las acciones asociadas con estos tipos de ELS son las siguientes:

- No se permiten excesos- se aplicará la *combinación característica*.
- Frecuencia y duración de eventos excedentes acordados- se utilizará *combinación de frecuencia*.
- Los eventos de excedencia a largo plazo acordados- se utilizará *combinación cuasi-permanente*.

Está establecido en el EC5, 5.2.3 (2) que los cálculos para deformaciones instantáneas deben estar basados en la aplicación de la combinación de carga característica; sin embargo, esto no es un principio en el EC5, donde los casos económicos pueden ser sustanciales y alcanzando un acuerdo con el cliente para aceptar una condición reversible, el diseño se puede basar en la frecuencia en lugar de la combinación de carga característica.

El criterio utilizado para la verificación del ELS se debe asociar a las siguientes materias:

- Las deformaciones que afectan la apariencia, que causan daño a los acabados o a los miembros no estructurales, que afectan la comodidad del usuario y la funcionalidad de la estructura.
- Las vibraciones que resultan incomodas para el usuario o que limitan la funcionalidad de la estructura.

- El daño que afecta la apariencia adversamente, la durabilidad y la funcionalidad de la estructura.

5.2.11 Estados límite de diseño (EC0, 3.5).En los estados límite de diseño, los modelos estructurales y de carga son puestos para cada estado límite y su diseño es verificado demostrando que ninguno de estos estados será excedido cuando los valores de las cargas de diseño, propiedades de los materiales y productos y la geometría utilizado en estos modelos.

Aunque es posible utilizar métodos probabilísticos para la verificación del análisis, el método del coeficiente parcial determinístico referido en la *sección 6* del EC0 resulta práctico como método de diseño recomendado para utilizar.

5.2.12 Clasificación de las acciones (EC0, 4.1.1). Los símbolos y terminología a continuación aplican cuando tratan con acciones:

a) *Acciones permanentes* (G). Son las acciones que permanecen monotónicas y pueden variar en una cantidad despreciable en el tiempo, por ejemplo el peso propio, equipo fijo, particiones fijas, acabados y acciones directas causadas por el encogimiento o asentamiento.
b) *Acciones variables* (Q). Son las acciones que no permanecen monotónicas y pueden variar en el tiempo, por ejemplo las acciones impuestas, viento, nieve, y condiciones térmicas.
c) *Acciones accidentales* (A). Por ejemplo, una explosión o carga de impacto.

5.2.13 Valores característicos de las acciones (EC0, 4.1.2). Las acciones se definen por valores "representativos" y el valor principal representativo usado en el diseño es el valor característico. El valor característico se debe derivar, en la medida de los posible, de información estadística asociada con la carga y, dependiendo de las condiciones de diseño, seráun valor significativo, un valor máximo o mínimo o el valor nominal (esto se utiliza cuando no puede ser derivado de datos estadísticos).

Valores característicos

Acciones permanente (G_k)

Cuando se relaciona al peso propio del material, debido a que la variabilidad de acciones es pequeña (por ejemplo, el coeficiente de variación de una carga durante su vida útil de

diseño en inferior a .05-0.1), cuando se trata con madera o productos derivados, G_k, generalmente se deriva usando una densidad significativa del material.

Acciones variables (Q_k)

Cuando se trata con acciones climáticas (por ejemplo el viento, temperatura, etc.), el EC0 determina que el valor característico está basado en la probabilidad de 0.02 de su variación en el tiempo siendo excedida por un período de referencia de 1 año. La probabilidad de excedencia (p) y un período de referencia (r) están ligados aproximadamente por la siguiente relación $T \approx r/p$, (donde T es el período de retorno) y representa el tiempo aproximado entre dos ocurrencias sucesivas cuando el valor característico será excedido. Basado en esto, el período de retorno será de 50 años, el cual expresa una probabilidad de 0.64 en que el valor característico se excederá en este tiempo. Este criterio también aplica a acciones impuestas en los pisos de los edificios. También se debe notar que cuando un edificio soporta más en un piso, se puede realizar una reducción de carga, esta guía se da en el EC1.

Acciones accidentales (A_d)

Debido a la falta de información estadística relacionada a esta condición, el valor de diseño, A_d, debe especificarse de acuerdo según sea cada proyecto.

5.2.14 Otros valores representativos de las acciones variables (EC0, 4.1.3).

Adicionalmente a los valores característicos se pueden especificar otros valores representativos de acciones, Qk, referidos en 5.2.13. Estos son los siguientes:

La combinación de carga ($\Psi_0 Q_k$): utilizado para la verificación de ELU y para la combinación característica de un ELS irreversible.

El valor de frecuencia ($\Psi_1 Q_k$): utilizado para la verificación del ELU incluyendo las acciones accidentales y para la verificación de los ELS reversibles.

El valor cuasi-permanente ($\Psi_2 Q_k$): utilizado para la valoración de los efectos de larga duración, para la representación de las acciones variables en combinaciones accidentales (y sísmicas) en el ELU, y para la verificación de efectos de larga duración de ELS.

Los coeficientes Ψ_0, Ψ_1, y Ψ_2 son factores de reducción. El factor Ψ_0 toma en consideración la probabilidad reducida de una ocurrencia simultanea de los valores más desfavorables de varias acciones variables independientes. El factor Ψ_1 es una función relacionada con el tiempo y establece un límite máximo para el valor al cual la carga variable aplica. Para edificios, este

establece que la proporción del tiempo en que este es excedido es de 1 % del período de referencia. El factor Ψ_2 es también una función relacionada con el tiempo y en la madera de ingeniería su papel principal es convertir las acciones variables en acciones permanentes equivalentes (referidas a acciones cuasi-permanentes) en orden para derivar la carga de fluencia en la estructura. Para acciones de piso en edificios, el valor Ψ_2 se determina de tal manera que la proporción de tiempo sea excedida en un 50% con respecto al período de referencia y en el caso de carga de viento y carga por temperatura (así como carga de nieve para sitios con altitud mayor a los 1000 m por arriba del nivel del mar) el valor será cero.

Los valores de Ψ_0, Ψ_1, y Ψ_2 se dan en la Tabla NA.A1.1 para el UKNA para el EC0 y algunos de los valores relevantes para las condiciones de carga asociadas con edificios de madera están dados en la Tabla 10.

Tabla 10. Valores para factores de Ψ*

Carga variable	Ψ_0	Ψ_0	Ψ_0
Categoría de las acciones impuestas a los edificios (ver EC1)			
Categoría A: áreas domésticas y residenciales	0,7	0,5	0,3
Categoría B: zonas de oficinas	0,7	0,5	0,3
Categoría C: zonas de convenciones	0,7	0,7	0,6
Categoría H: techos (considerando que la carga impuesta no se aplica con carga de nieve o la acción del viento (véase el apartado 3.3.2 (1) en EC0)	0,7	0	0
Acciones de nieve en los edificios para los sitios con una altura no superior a 1000 m sobre el nivel del mar	0,5	0,2	0
Acciones de viento en los edificios	0.5	0.2	0

* Basado en la Tabla NA.A1.1, UKNA para el EC0 (4).

Fuente: Porteous & Kermany, 2007

5.2.15 Propiedades del material y productos (EC0, 4.2). Como en el caso de las acciones, las propiedades de los materiales y de los productos también se representan por valores característicos.

Cuando se trata con madera o propiedades relativas a ella el valor característico será ya sea el valor del quinto percentil o el valor medio. El valor del quinto percentil aplicará a las propiedades de resistencia relacionadas y el valor medio se utilizará normalmente para las propiedades de rigidez. La excepción para esta regla se da cuando las funciones relacionadas con la rigidez se

utilizan en la derivación de la propiedad de resistencia; por ejemplo cuando se utiliza para la evaluación de la resistencia a la flexión crítica para una viga de madera, en donde el valor del quinto percentil se prefiere en lugar del valor significativo.

Los valores característicos de las propiedades de la madera y algunos comúnmente utilizados en productos relacionados de madera en el diseño se dan en el Capítulo 4.

5.2.16 Análisis estructural (EC0, 5.1)

5.2.16.1 Generalidades. El EC0 no provee una guía específica para los métodos de análisis estructural que deben ser utilizados en el diseño más requerir contar con los modelos estructurales apropiados para el estado límite considerado, y ser capaz de predecir el comportamiento con un grado aceptable de exactitud, y sea basado en la teoría de ingeniería y prácticas establecidas.

Cuando se analiza una estructura, algunos métodos alternativos de análisis son posibles y estos se describen en el numeral 5.2.16.1.1 y 5.2.16.1.2.

5.2.16.1.1 Análisis elástico lineal. Se basa en las leyes de esfuerzo-deformación y momento de curvatura:

- *Análisis de primer orden sin redistribución*. Éste se lleva a cabo con base en una geometría de la estructura inicialmente definida y sus elementos sin ajustes de las fuerzas y momentos internos debidos a una redistribución. Es la base de la mayoría de los programas de análisis computacional elásticos lineales (Figura 7 inciso (a)).
- *Análisis de primer orden con redistribución*. Éste se lleva a cabo con base en una geometría inicial de la estructura y sus elementos, pero las fuerzas y momentos internos son ajustados sin cálculos más detallados para ajustar las rotaciones y chequear la capacidad de rotación.
- *Análisis de segundo orden*. Éste se lleva a cabo con base en la geometría de la estructura deformada (Figura 7 inciso (b)).

5.2.16.1.2 Análisis lineal no elástico. Está basado en la relación no lineal de esfuerzo-deformación mostrado en la Figura 8:

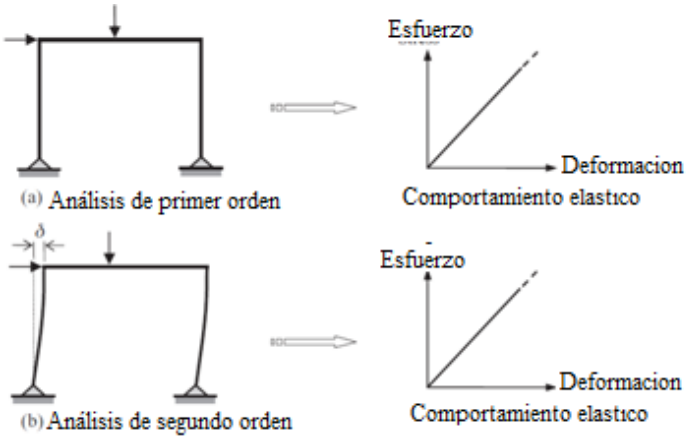
- *Análisis de primer orden*. Se lleva a cabo con base en la geometría original de la estructura.

- *Análisis de segundo orden*. Se lleva a cabo con base en la geometría de la estructura deformada.

Las descripciones a continuación son comúnmente asociadas con análisis no lineal incorporando el comportamiento plástico:

- *Plástico perfectamente elástico* (Figura 8 inciso (a)) - elástico lineal seguido por el comportamiento plástico puro.
- *Elasto-plástico* (Figura 8 inciso (b)) - elástico lineal seguido por el comportamiento plástico con endurecimiento por deformación.
- *Plástico rígido* (Figura 9) - comportamiento plástico puro, utilizando el análisis de estados límite para la evaluación de la carga final (por ejemplo, para el comportamiento de las uniones formadas con sujetadores de metal pasador tipo de estructuras de madera).

Figura 7. Análisis lineal de primer y segundo orden

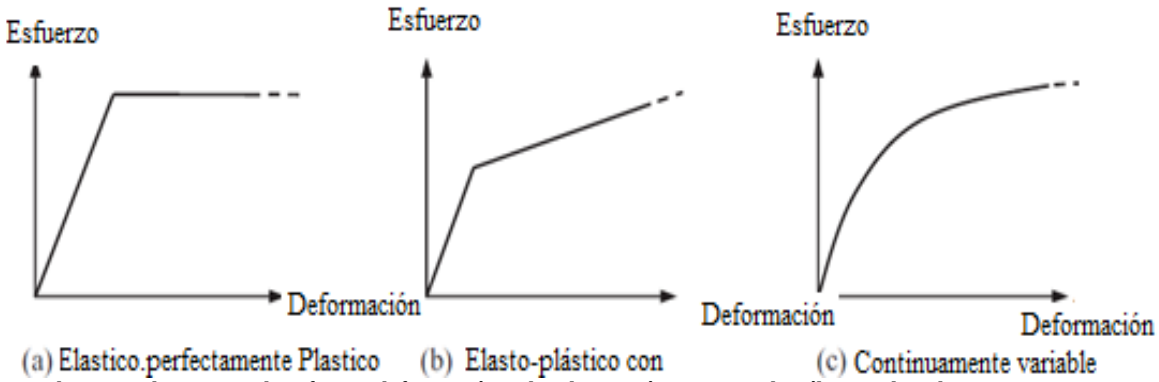


Fuente: Porteous & Kermany, 2007

5.2.16.2 Requisitos del análisis estructural de la madera y de estructuras de madera. En lo que respecta a la madera y estructuras de madera, los requerimientos del análisis estructural se encuentran referidos en el EC5, Sección 5.

Debido a la naturaleza frágil de la madera bajo las configuraciones de tensión inducidas por esfuerzos, no se debe utilizar el análisis plástico y el EC5 requiere que las fuerzas en los elementos de la estructura sean determinados utilizando el análisis lineal elástico.

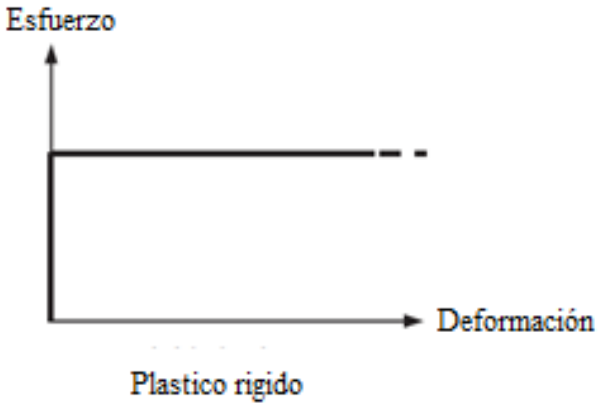
Figura 8. Relaciones alternativas de esfuerzo-deformación



Relaciones alternativas de esfuerzo-deformación utilizadas comúnmente en el análisis no lineal.

Fuente: Porteous & Kermany, 2007

Figura 9. Comportamiento plástico rígido



Fuente: Porteous & Kermany, 2007

Se deben tomar en cuenta los efectos de la desviación de la rectitud de los miembros y esto se logra mediante la validación de la resistencia del elemento utilizando las reglas de diseño en el EC5. Sin embargo, se considera que el análisis lineal de segundo orden es necesario cuando se trata de marcos o arcos, esto debería llevarse a cabo de conformidad con los requisitos de EC5, 5.4.4. A pesar de que todas las conexiones de la madera exhiben un comportamiento semirrígido en varios grados, caso para el cual su deformación rotacional tendrá un efecto despreciable en la distribución de la fuerzas sobre la estructura, el EC5 establece que las conexiones se pueden considerar como rígidas, y aun cuando este no sea el caso, por lo general se puede asumir que se restringió a rotación (EC5, 5.4.2 (7)). Dado que no es un Principio del EC5, cuando se detecta que el efecto del comportamiento semirrígido de las conexiones se debe tomar en consideración en el

análisis, al realizarse el análisis se puede considerar una linealidad efectiva y tener una ductilidad adecuada, incorporando el comportamiento de rigidez de las conexiones de un modelo estructural en un análisis elástico lineal de una estructura semirrígida.

Cuando se diseñan las conexiones de metal fijadas con un tipo clavija, en las ecuaciones de resistencia en el EC5 se asume que la falla en la conexión se dará de acuerdo con los principios de la teoría plástica, como se muestra en la Figura 9. En tales situaciones, las fuerzas en las juntas se derivan de un análisis elástico de la estructura en el ELU y la resistencia de la junta asociada se determina de la aplicación de las ecuaciones de fuerza del EC5, que se derivan principalmente del supuesto de que el comportamiento de plástico rígido es aplicable. Esta es una de las aparentes anomalías entre los modelos para determinar el efecto de las acciones (es decir, el análisis global modelo) y el modelado para la verificación de la resistencia donde se puede asumir un modelo diferente.

5.2.17 Verificación por el método de coeficientes parciales: general (EC0, 6.1). Para diseños normales, se deberá usar el método de diseño de coeficientes parciales para el diseño de la estructura y sus elementos. En este método, se multiplican los efectos de las acciones por coeficientes parciales para obtener el valor de diseño, Ef_d, y resistencias, las cuales generalmente se derivan de la resistencia de los materiales y se dividen por coeficientes parciales para obtener la resistencia de diseño, R_d, en el ELU y ELS. La verificación se toma en el estado relevante para demostrar que Ef_des menor o igual a la resistencia de diseño R_d, es decir

$$E\,f_{dELU} \leq R_{dELU} \text{ y } E\,f_{dELS} \leq R_{dELS}$$

Los valores que deben ser usados para acciones y propiedades de los materiales son los valores característicos u otros valores representativos y los valores usados para coeficientes parciales varían dependiendo del estado límite en consideración y deberán ser tales que su nivel de fiabilidad referido en la sección 5.2.3 para la estructura alcance su estado límite.

5.2.18 Valores de diseño de las acciones (EC0, 6.3.1). En términos generales, el valor de diseño F_d de una acción puede ser escrito como

$$F_d = \gamma_f F_{rep} \tag{5.1}$$

donde

$$F_{rep} = \psi F_k \tag{5.2}$$

F_{rep} Es el valor a ser tomado en cuenta en la combinación relevante de acciones. Puede ser el valor representativo principal (es decir el valor característico, F_k), el valor de combinación, $\psi_0 F_k$, el valor *frecuente*, $\psi_1 F_k$, o el valor cuasi-permanente, $\psi_2 F_{rep}$; F_k, es el valor característico de una acción: ψ puede ser 1.00 ó ψ_0, ψ_1 o ψ_2.

5.2.19 Valores de diseño del efecto de las acciones (ECO, 6.3.2).

Los "efectos" de las acciones, Ef_d, son la respuesta a de la estructura a acciones impuestas e incluyen los esfuerzos internos resultantes (por ejemplo momentos, fuerzas de corte, fuerzas axiales y esfuerzos) y la deformación estructural (deflexiones y rotaciones).

Basados en el contenido de EC0, 6.3.2 (1) el valor de diseño de los efectos de las acciones puede reescribirse en términos generales como

$$Ef_d = \gamma_{Sd} Ef\{\gamma_{f,i} F_{rep,i}; a_d\} \qquad i \geq 1 \tag{5.3}$$

Donde γ_{Sd} es un coeficiente parcial que toma en cuenta las incertidumbres en los efectos de las acciones en el modelaje, $\gamma_{f,\,i}$ es un coeficiente parcial para una acción *i* que toma en cuenta la posibilidad de desviaciones no favorables de los valores de las acciones desde los valores representativos, a_d es el valor de diseño de los datos geométricos (que se discuten en 5.2.22), *i* es el número de acciones representativas.

Para el diseño estructuras producidas a partir de madera de acuerdo con EC5, los coeficientes parciales γ_f y γ_{Sd} se combinan en un coeficiente γ_F ($\gamma_F = \gamma_f \gamma_{Sd}$) para simplificar la ecuación (5.3) a

$$Ef_d = Ef\{\gamma_F F_{rep,i}; a_d\} \qquad i \geq 1 \tag{5.4}$$

En los Eurocódigos cuando se determina el valor de diseño de acciones permanentes, γ_F se define como γ_G y cuando se determina el valor de diseño de acciones variables, este se define como γ_Q,

Los valores de γ_G y γ_Q dependen de los estados límites en consideración, esto se aborda en 5.2.24 para los ELU y en 5.2.25 para los ELS.

5.2.20 Valores de diseño de propiedades del material o producto (EC0, 6.3.3).

El valor de diseño X_d se obtiene de:

$$X_d = \eta X_k / \gamma_m \tag{5.5}$$

(EC5, ecuación (6.3))

Donde X_k es el valor característico de la propiedad, η es el valor medio de un coeficiente de conversión que toma en cuenta los efectos de volumen y escala, los efectos de la humedad, temperatura y cualquier otro parámetro importante, y γ_m es un coeficiente parcial que toma en cuenta la posibilidad de que el valor característico de la propiedad de un material o producto (ejemplo resistencia o rigidez) sea menor que el valor especificado y también el efecto de la dispersión alrededor del valor medio del coeficiente de conversión.

En EC5, el coeficiente de modificación η considera los efectos de la duración de la carga y la variación del contenido de humedad en las propiedades de los productos de madera, k_{mod}. Los coeficientes que cubren los efectos de escala y volumen son considerados separadamente en EC5 y se discuten en 5.3.6.

El coeficiente de modificación es extremadamente importante en el diseño de madera. En la siguientes sub-sección se da un breve resumen de cómo los efectos de duración de carga y contenido de humedad se toman en cuenta.

5.2.20.1 Clases de duración de la carga. Cuando los miembros se encuentran sujetos a cargas las propiedades de resistencia se reducen y mientras más larga sea la duración de la carga mayor será la reducción. Para poder establecer una base común para el diseño, se han definido las clases de duración de la carga para cubrir el rango de duraciones que pueden surgir en la práctica. En la Tabla 11 se presenta la duración asociada con cada clase.

La clase de duración de carga para peso propio se clasifica como "permanente", y las acciones "variables" pertenecen a una de las clases faltantes de las definidas en la tabla, esta está determinada por duración.

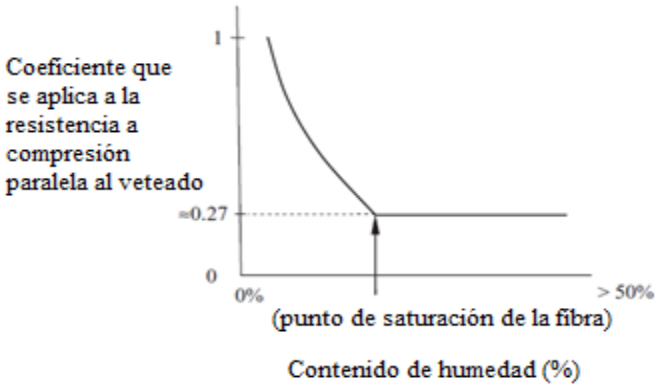
Tabla 11. Definiciones

Clase	Período de tiempo	Ejemplos dados en NA.2.1 el UKNA para el EC5
Permanente	>10 años	Peso propio
Largo plazo	6 meses a 10 años	Carga de almacenamiento (incluyendo en desvanes) y tanques de agua
Medio plazo	1 semana a 6 meses	Carga impuesta sobre el suelo
Corto plazo	<1 semana	Nieve, carga por mantenimiento o personas sobre techos
Instantáneo	Instantánea	Viento carga de impacto explosión

*Basado en el contenido de NA.2.1 del UKNA para el EC5.

Fuente: Porteous & Kermany, 2007

Figura 10. El efecto del contenido de humedad en la resistencia a compresión



Efecto del contenido de humedad en la resistencia a compresión del abeto de Douglas con una carga paralela a la veta.
Fuente: Porteous & Kermany, 2007

5.2.20.2 Clases de servicio. Dado que la resistencia (y comportamiento de fluencia lenta) de la madera y productos relacionados está afectada por el contenido de humedad del material, estas propiedades son dependientes de la temperatura y las condiciones de humedad relativa. En la Figura 10 se presenta una relación típica entre el ajuste de resistencia de la madera y el contenido de humedad derivado de pruebas. Cuando el contenido de humedad es bajo, la propiedad de resistencia estará a su máximo y a medida que aumenta el contenido de humedad la resistencia se reduce y alcanza un valor mínimo en el punto de saturación de la fibra.

Para tomar en cuenta este efecto en el diseño, se han definido tres clases de servicio en EC5, 2.3.1.3 cubriendo las condiciones ambientas típicas bajo las cuales funcionan las estructuras de madera. Éstas son las siguientes:

- *Clase de servicio 1 – en el cual el contenido de humedad medio en la mayoría de maderas blandas no excede 12%.* Ésta corresponde a una temperatura de 20°C y una humedad relativa del aire circundante que solo excede el 65% por pocas semanas al año.
- *Clase de servicio 2 – en el cual el contenido de humedad medio en la mayoría de maderas blandas no excede 20%.* Ésta corresponde a una temperatura de 20°C y una humedad relativa del aire circundante que solo excede 85% por pocas semanas al año.
- *Clase de servicio 3 – en el cual el contenido de humedad medio en la mayoría de maderas blandas excede el 20%.* Ésta corresponde a las condiciones climáticas que conducen a contenidos de humedad más altos que la clase de servicio 2.

Los valores más altos de la resistencia de la madera se obtendrán cuando las estructuras funcionen bajo las condiciones de la clase de servicio 1 y los valores más bajos cuando funcionen bajo las condiciones de la clase de servicio 3.

Los valores para k_{mod} basados en la duración de la carga, referidos en 5.2.20.1 y las clases de servicio anteriores se dan en la Tabla 3.1 del EC5, y aquellos para el uso con madera y productos relacionados se resumen en la Tabla 12.

En la madera estructural, madera laminada y encolada, y microlaminada (LVL), ciertas características de la resistencia dependen del tamaño del miembro y cuando el tamaño adecuado de este es menor que el de referencia dado en EC5, las características de resistencia relevantes pueden ser incrementadas multiplicando por un coeficiente k_h o k_l. Se hace referencia a estos coeficientes en la Tabla 13 y se discuten en 5.3.6.

En EC5 el coeficiente parcial para el material γ_m se describe como γ_M, para tomar en cuenta la incertidumbre en el modelo de resistencia usado para diseñar junto con los efectos adversos de las desviaciones geométricas, además del efecto de la desviación desfavorable del material o propiedad del producto.

Tabla12. Valores de k_{mod}

		Duración de la carga según su clase				
Material-Estándar	Clase de servicio	Perma-nente	Largo plazo	Medio plazo	Corto plazo	Instantá-neo
Madera Sólida - EN 14081-1[11]	1	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
Madera colada laminada - EN 14081[12]	2	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
Madera microlaminada (LVL) - BS EN 14374 [13] o EN 14279 [14]	3	0.50	0.55	0.65	0.70	0.90
Madera contrachapada - BS EN 636						
Partes: 1 [15], 2 [16] y 3 [17]	1	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
Partes: 2[16] y 3[17]	2	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
Parte: 3[17]	3	0.50	0.55	0.65	0.70	0.90
OSB - BS EN 300 [18], Tabla tipo:						
OSB/2	1	0.30	0.45	0.65	0.85	1.10
OSB/3 y/4	2	0.40	0.50	0.70	0.90	1.10
OSB/3 y/4	3	0.30	0.40	0.55	0.70	0.90

Fuente: Porteous & Kermany, 2007

El valor de γ_M para la combinación ELU de acciones para situaciones de diseño persistentes o transitorias (referido en EC0, 6.4.3.2 como las *combinaciones fundamentales*) así como cualquier combinación accidental se da en la *Tabla NA.3*. Se muestra un resumen de los valores a ser usados para derivar el valor de diseño en ELU, incluyendo combinaciones accidentales, en la Tabla 14.

Tabla 13. Coeficientes del EC5 para considerar el efecto del tamaño del miembro

Símbolo del coeficiente de tamaño	Función del coeficiente	Propiedad caracte-rística afectada	Ítem relevante en EC5
K_h	Ajusta la resistencia de flexión característica y/o la resistencia a tensión paralela al veteado para tomar en cuenta el efecto del tamaño de un miembro cuando el tamaño es menor que el tamaño de referencia dado en EC5	$f_{m,k}$	Madera sólida, 3.2(3); madera laminada colada, 3.3(3); LVL, 3.4(3)
		$f_{t,0,k}$	Madera sólida, 3.2(3), madera laminada colada, 3.3(3).
K_l	Ajusta la resistencia de tensión característica paralela al veteado de LVL para tomar en cuenta el efecto de la longitud del miembro cuando la longitud es menor de la longitud de referencia dada en EC5	$f_{t,0,k}$	Madera microlaminada (LVL), 3.4(4)

Fuente: Porteous & Kermany, 2007

Tabla 14. Coeficientes parciales de propiedades y resistencia del material γ_M

Estado/Combinaciones	γ_M
Estados límite últimos (combinaciones fundamentales)	
• Madera sólida (no tratada o tratada con persevante)	1.3
• Madera laminada encolada	1.25
• Madera microlaminada (LVL), madera contrachapada y OSB	1.2
• Tablero de partículas	1.3
• Tableros de fibras	1.3
Estados límite últimos (combinaciones accidentales)	
• Cualquier material	1.0
Estados límite de servicio (todas las combinaciones)	
• Cualquier material	1.0

*incorporando los requerimientos de NA.2.3 del UNKA para EC5 y EC0.

Fuente: Porteous & Kermany, 2007

En el EC0 no se da orientación sobre cómo se debe derivar el valor de diseño de una propiedad relacionada a la rigidez, en el EC5 se dan los valores a ser usados en el análisis de

deformación y resistencia. El valor depende del estado de diseño en consideración para la madera y los productos derivados; es decir si es un análisis de deflexión en el ELS o un análisis de esfuerzos en el ELU, sin importar que la distribución de fuerzas internas en la estructura (o un miembro) esté afectada por la distribución de rigidez o incluso si se hará un análisis de primer o segundo orden.

En EC5, *2.4.1 (2) P*, se establece que la *rigidez de diseño de un miembro*, E_d o G_d, se obtiene del valor medio de la propiedad respectiva como sigue:

$$E_d = E_{medio}/\gamma_M \quad (5.6)$$

$$G_d = G_{medio}/\gamma_M \quad (5.7)$$

Donde E_{medio} es el valor medio del módulo de elasticidad de la madera o producto de madera, y G_{medio} es el valor medio del módulo de corte de la madera o producto de madera.

No obstante, las ecuaciones (5.6) y (5.7) solo se aplican cuando se realiza un análisis elástico lineal de primer orden en la condición de carga instantánea (es decir cuando la carga se aplica inmediatamente) en el ELS, para el cual γ_M= 1, o cuando se inicia un análisis elástico lineal de segundo orden en el ELU, condición para la cual γ_M se obtiene de la Tabla 14.

En la condición de falla, el valor de diseño del módulo de elasticidad y el módulo de corte usado en los cálculos de resistencia son los valores característicos $E_{0,05}$y $G_{0,05}$ respectivamente.

5.2.21 Coeficientes que se aplican a la resistencia de diseño en los ELU.

Luego de derivar el valor de diseño de una propiedad, X_d, de acuerdo con los requerimientos establecidos en 5.2.20, puede ser necesario un mayor ajuste para tomar en cuenta otros factores que puedan afectar la propiedad, por ejemplo: el efecto de la inestabilidad, la resistencia del sistema, etc. Esto se toma en cuenta aplicando coeficientes de modificación, en la Tabla 15 se presenta un resumen de los coeficientes referidos en EC5 que aparecerán más probablemente en el diseño, la función que cumplen, y la propiedad o razón de resistencia a la cual se aplicarán.

5.2.22 Valores de diseño de datos geométricos (EC0, 6.3.4).

Los valores de diseño de datos geométricos son los tamaños usados en el diseño de la estructura y sus elementos, incluyendo, cuando es pertinente, la desviación máxima de la tolerancia permitida en la Sección 10 del EC5. EL valor de diseño se define como

$$a_d = a_{nom} \tag{5.8}$$

donde a_d es la dimensión de referencia nominal, y a_{nom} es la dimensión usada en el los planos y documentación del diseño.

Para productos de madera y relacionados a ella, los valores de diseño pueden tomarse como los valores nominales de las normas o dibujos del producto.

Tabla 15. Coeficientes de modificación que afectan los valores de diseño en EC5

Símbolo	Función del factor	Relación de esfuerzo afectada.	Referencias en el EC5
k_m	Permite la redistribución de esfuerzos cuando la sección se encuentra sujeta a flexión sobre el eje *y-y* y *z-z* y se encuentra esforzada más allá del límite elástico También toma en cuenta la variación en la resistencia del material a través de la sección.	$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}}$	6.1.6(2)
k_{vol}	Ajusta la resistencia a tensión de diseño perpendicular a la veta para MLE y madera microlaminada (LVL) cuando el volumen de esfuerzo en la zona del ápice de vigas a dos aguas, vigas curvas o vigas a dos aguas con intradós curvo excede el volumen de referencia de EC5.	$f_{t,90,d}$	
k_{dis}	Ajusta la resistencia de tensión de diseño perpendicular a la veta para MLE y LVL en la zona ápice de vigas a dos aguas o vigas a dos aguas con intradós curvo.	$f_{t,90,d}$	3.3(5), 3.4(7), 6.4.3(6), 6.4.3(7)
k_{crit}	Toma en cuenta el efecto de la inestabilidad torsional, reduciendo la resistencia de flexión de diseño de un miembro flexionado alrededor de su eje fuerte y-y cuando la rezón de esbeltez relativa asociada para flexión es > 0.75.	$f_{m,\gamma,d}$	6.4.3(6), 6.4.3(7)
$k_{cy,cz}$	Toma en cuenta el efecto de la inestabilidad del eje, reduciendo la resistencia de compresión de diseño de un miembro cuando se encuentra sujeto a compresión axial y la razón de esbeltez relativa sobre el eje *y-y* (para k_{cy}) y/o (para k_{cz}) *z-z* es > 0.3	$f_{c,0,d}$	6.3.2
$k_{c,90}$	Incrementa la resistencia de compresión perpendicular a la veta de la madera o productos estructurales basados en ella, aceptando un incremento en la deformación en la condición de falla.	$f_{c,90,d}$	6.1.5
k_v	Toma en cuenta el efecto de la muesca en la resistencia de corte del miembro.	$f_{v,d}$	6.5.2
k_{sys}	Incremente las propiedades de resistencia del miembro cuando se encuentra conectado y espaciado igualmente con varios miembros similares, ensamblajes o componentes por medio de un sistema de distribución de carga que sea capaz de transferir carga entre miembros.	Todas las que se benefician del sistema de compartimiento de carga.	6.6

Fuente: Porteous & Kermany, 2007

5.2.23Resistencia de diseño (EC0, 6.3.5).Cuando se trata de estructuras de madera y productos relacionados, de acuerdo con los requerimientos de EC0, los valores de diseño de una resistencia se expresa en EC5, 2.4.3 como

$$R_d = k_{mod} * R_k/\gamma_M \tag{5.9}$$

donde

- k_{mod} es un coeficiente de modificación que toma en cuenta el efecto de la duración de la carga y el contenido de humedad (vea 5.2.20).
- γ_M es el coeficiente parcial para una propiedad del material en el ELU (vea 5.2.20).
- R_k es el valor característico de la capacidad de carga en el ELU.

Sin embargo, generalmente las propiedades de resistencia se definen en el EC5 como funciones *F* y la expresión más representativa para la resistencia de diseño para un producto de madera o relacionado es:

$$F_{Rd} = k_{mod} F_{Rk}/\ \gamma_M \tag{5.10}$$

5.2.24Estados límites últimos (EC0, 6.4.2-6.4.5). Cuando sean relevantes, los siguientes ELU deben ser verificados:

(a) Equilibrio (EQU). Para confirmar que la estructura o cualquier otra parte de esta no sea inestable.

(b) Resistencia (RES). Para confirmar que la estructura y sus elementos no fallen bajo esfuerzos, por inestabilidad de los elementos o en las conexiones. Donde el desplazamiento afectará el comportamiento de la estructura, sus efectos deben ser tomados en cuenta.

(c) Geotécnico (GEO). Para confirmar que los cimientos de la instalación provean la resistencia y rigidez requerida por la estructura.

(d) Fatiga (FAT). Para confirmar que los elementos de la estructura no fallen bajo fatiga.

Para estructuras de madera o productos relacionados, los ELU (a), (b) y (c) generalmente serán relevantes y se toman en cuenta en cualquier condición donde la fatiga pueda ocurrir por los requerimientos de resistencia (RES) en EC5.Las combinaciones de carga se aplican a cada ELU relevante y por medio de la aplicación del método de coeficientes parciales (vea 5.2.17) debe verificarse que el valor de diseño del efecto de las acciones de diseño se menor o igual que el valor de diseño de la resistencia equivalente. Por ejemplo, tomando en cuenta la verificación de la fuerza de la estructura y sus elementos en RES ELU, los requisitos serán:

$$Ef_d \leq F_{Rd} \tag{5.11}$$

Y para la propiedad de un material,

$$Ef_d \leq (\Pi k) X_d \tag{5.12}$$

donde

- Ef_{d} es el valor de diseño del efecto de las acciones (por ejemplo momento interno, esfuerzo interno, etc.) (Vea 5.2.20),
- F_{Rd} es el valor de diseño de la resistencia correspondiente (vea 5.2.23),
- X_{d} es el valor de diseño de las propiedades de la madera estructural o producto de madera (vea 5.2.20), y Πk es el producto de los coeficientes de modificación que afectarían el valor de diseño. (Los principales factores de modificación en EC5 se resumen en la Tabla 15 y se discuten en el capítulo en donde se utilice cada factor).

Para cada estado límite relevante se debe derivar el efecto de diseño de las acciones. Para lograr esto, las fuerzas que se considera que pueden ocurrir simultáneamente se combinan, y, donde más de una fuerza variable existe, cada combinación incluirá una de las cargas variables y a su vez la fuerza variable principal.

Para derivar la combinación de fuerzas para situaciones de diseño persistentes o transitorias (referidas en EC0 como *combinaciones fundamentales*) e ignorando las acciones de preesfuerzo ya que generalmente no son pertinentes en el diseño en madera, la combinación que debe ser satisfecha se da en la *ecuación (6.10)* en EC0 como sigue:

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{\mathrm{k},j} + \gamma_{Q,1} Q_{\mathrm{k},1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{\mathrm{k},i} \tag{5.13}$$

(EC0, *ecuación (6.10)*)

La menos favorable de las siguientes expresiones de combinación puede ser considerada como una alternativa a la ecuación (5.13) para los estados límites de RES (y GEO).

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{\mathrm{k},j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{\mathrm{k},1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{\mathrm{k},i} \tag{5.14}$$

(EC0, *ecuación (6.10a)*)

$$\sum_{j\geq 1} \xi_{jG,j} G_{\mathrm{k},j} + \gamma_{Q,1} Q_{\mathrm{k},1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{\mathrm{k},i} \tag{5.15}$$

(EC0, *ecuación (6.10b)*)

donde

- γ_G es el coeficiente parcial para carga permanente
- γ_Q es el coeficiente parcial para carga variable
- ψ_0 es el coeficiente que convierte una fuerza variable en su valor de combinación
- ξ es un coeficiente de reducción para acciones permanentes desfavorables
- Q_{k} es una fuerza variable de acompañamiento

Con situaciones de diseño accidental, una combinación de fuerzas aplicadas para todos los estados límite se da en la *ecuación (6.11b)* en EC0.

$$\sum_{j\geq 1} G_{\mathrm{k},j} + \mathrm{A_d} + (\psi_{1,1}\psi_{2,1})Q_{\mathrm{k},1} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} Q_{\mathrm{k},1} \tag{5.16}$$

(EC0, *ecuación (6.10b)*)

donde

- A_{d} el valor de diseño para un evento accidental específico (por ejemplo la fuerza debida a un impacto o la acción terminal indirecta debida al fuego) o se refiere a la situación después de un evento accidental, en tal caso Ad =0; ψ_1 y ψ_2 convierten las fuerzas variables en el valor frecuente y cuasi permanente, respectivamente, y están referidas en 5.2.14.

Los valores números de los coeficientes γy ξ a ser usados para derivar los valores de diseño para fuerzas para los estados EQU y RES (sin incluir acciones geotérmicas) cuando están sujetas a situaciones de diseño persistentes y transitorias se dan en la Tabla 16, y los valores aplicables a todos los ELU cuando están sujetos a situaciones de diseño de acciones accidentales se dan en la Tabla 17. Basados en el contenido de la *Tabla NA.A1.1* en el UKNA para el EC0, los valores para los coeficientes ψ se resumen en la Tabla 10.

Para determinar el caso de carga que produce el mayor efecto en el diseño, la ecuación/es de combinación de carga debe ser aplicada en cada acción variable que es la variable principal. Todas las combinaciones posibles se deben considerar cuando las cargas variables no están relacionadas. Adoptando la ecuación 6.10 del EC5, las combinaciones alternativas de carga que deben ser consideradas para determinar un efecto, por ejemplo, un momento flector son:

$$1.35\,(G\mathrm{k}1 + G\mathrm{k}2) \rightarrow E\,f1 \tag{5.17}$$

$$1.35\,(G\mathrm{k}1 + G\mathrm{k}2) + 1.5Q\mathrm{k}1 \rightarrow E\,f2 \tag{5.18}$$

$$1.35\,(G\mathrm{k}1 + G\mathrm{k}2) + 1.5Q\mathrm{k}2 \rightarrow E\,f3 \tag{5.19}$$

$$1.35\,(Gk1 + Gk2) + 1.5Qk1 + 1.5\psi 0,\ 2Qk2 \rightarrow E\,f4 \quad (5.20)$$

$$1.35\,(Gk1 + Gk2) + 1.5Qk2 + 1.5\psi 0,\ 1Qk1 \rightarrow E\,f5 \quad (5.21)$$

Tabla 16. Valores de diseño para acciones para los estados límites EQU y RES

Estados límite últimos (bajo una combinación de cargas accidentales.)		Ecuación relevante en EC0	Acciones permanentes		Acción variable principal	Acción acompañante variable	
			Desfavorable	Favorable[+]		Principal	Otra
EQU	(a)[†]	*(6.10)*	$1.10G_{k,j,sup}$	$0.90G_{k,j,inf}$	$1.5Q_{k,1}$ (0 cuando es favorable)	–	$1.5\psi_{0,i}Q_{k,i}$ (0 cuando es favorable)
	(b) (mayor valor de la combinación)	(i) *(6.10)*	$1.35G_{k,j,sup}$	$1.15G_{k,j,inf}$	$1.5Q_{k,1}$ (0 cuando es favorable)	–	$1.5\psi_{0,i}Q_{k,i}$ (0 cuando es favorable)
	(i) or (ii)	(ii) *(6.10)*	$1.0G_{k,j,sup}$	$1.0G_{k,j,inf}$	$1.5Q_{k,1}$ (0 cuando es favorable)	–	$1.5\psi_{0,i}Q_{k,i}$ (0 cuando es favorable)
STR (Sin incluir acciones geotécnicas)	(c)	(i) *(6.10)*	$1.35G_{k,j,sup}$	$1.0G_{k,j,inf}$	$1.5Q_{k,1}$ (0 cuando es favorable)	–	$1.5\psi_{0,i}Q_{k,i}$ (0 cuando es favorable)
	(d)	(ii) *(6.10a)*	$1.35G_{k,j,sup}$	$1.0G_{k,j,inf}$	–	$1.5\psi_{0,1}Q_{k,1}$	$1.5\psi_{0,i}Q_{k,i}$
		(iii) *(6.10b)*	$0.925 \times 1.35G_{k,j,sup}$	$1.0G_{k,j,inf}$	$1.5Q_{k,1}$	–	$1.5\psi_{0,i}Q_{k,i}$

*Basada en la Tabla NA.A1.2 del UKNA para EC0

[+]Para estructuras de madera, en las que la variabilidad de G_k es pequeña, $G_{k,j,sup}$ y $G_{k,j,inf}$ deben representarse por un único valor $G_{k,j}$, basado en el valor medio de la densidad.

Fuente: Porteous & Kermany, 2007

Tabla 17. Valores de diseño de acciones para acciones accidentales

Estados límite últimos (bajo una combinación de cargas accidentales.)	Ecuación relevante en EC0	Acciones permanentes		Acción variable principal	Acción acompañante variable	
		Desfavorable	Favorable[+]		Principal	Otra
Cualquier estado límite ultimo	(*6.11 a/b*)	$1.0G_{k,j,sup}$	$1.0G_{k,j,inf}$	A_d	1.0 $\psi_{1,i,}Q_{k,j,sup}$	1.0 $\psi_{2,1,}Q_{k,j,sup}$

*Basada en la Tabla NA.A1.3 del UKNA para EC0

[+]Para estructuras de madera, en las que la variabilidad de G_k es pequeña, $G_{k,j,sup}$ y $G_{k,j,inf}$ deben representarse por un único valor $G_{k,j}$, basado en el valor medio de la densidad.

Fuente: Porteous & Kermany, 2007

En donde una combinación de cargas consiste en acciones que pertenecen a diferentes clases de duraciones de carga. El efecto de la duración de carga en la propiedad del producto de madera, debe tomarse en cuenta usando el factor de modificación k_{mod} discutido previamente.

Los efectos de combinaciones de acciones permanentes y variables tienen un efecto menos degradante en las propiedades de resistencia que cuando únicamente actúan las acciones permanentes. La condición de diseño será determinada por la acción variable que tenga menor duración cuando se aplica una combinación de acciones variables y permanentes. Basados en esto y tal como se requiere en el EC5 3.1.3 (2), el factor de modificación correspondiente a la acción que tenga menos duración que a su vez se usó en el caso combinado de carga, es aplicado a la propiedad de resistencia a considerar. Cuando exista una relación lineal entre acciones y efectos, la condición de diseño será aquella que tenga el valor más grande luego de dividirla por el factor, k_{mod} respectivo. Para el ejemplo dado en las ecuaciones (5.17)-(5.21), tomando $k_{mod,perm}$, $k_{mod,med}$ y $k_{mod,corto}$ como los factores de modificación para las acciones, permanentes, medianas y cortas respectivamente, y con una relación lineal entre acción y esfuerzo, el valor de diseño Ef_d del efecto Ef, será el valor más grande de la ecuación (5.22):

$$Ef_d = max\begin{pmatrix} Ef_1/k_{mod,perm} \\ Ef_2/k_{mod,med} \\ Ef_3/k_{mod,corto} \\ Ef_4/k_{mod,corto} \\ Ef_5/k_{mod,corto} \end{pmatrix} \tag{5.22}$$

Debe notarse que cuando un valor favorable de la acción variable se aplica (es decir, γ_Q=0), esto implica que la acción variable no está siendo aplicada en ese caso particular de cargas y que el k_{mod} a usarse, será el que esté asociado con la menor duración de las acciones variables que están siendo aplicadas.

5.2.25 Estados límite de servicio (ELS). Para estructuras de madera que siguen el ELS el EC5 sugiere verificar:

- Vibración
- Deformación

En estos estados, se ha demostrado que

$$Ef_d \leq C_d \tag{5.23}$$

Donde Ef_d es el valor de diseño del efecto de las acciones en el ELS, y C_d es el valor limitante de diseño del criterio relevante de servicio (ya sea vibración o deformación), dado en el EC5 y en el

UKNA para el EC5.En el ELS, los coeficientes parciales γ_G y γ_Q usados para obtener el valor de diseño de los efectos de las acciones, son iguales a 1 y las condiciones particulares de diseño usadas para estos estados se resumen a continuación.

5.2.25.1 Vibración. Los criterios de vibración en el EC5 están limitados al comportamiento vibratorio de pisos residenciales. Las condiciones de cargas de diseño que producen el valor de diseño en el ELS son las siguientes:

(a) La masa del piso, ésta ha de usarse para determinar la frecuencia natural más baja del piso de la estructura.

(b) Se aplica una fuerza vertical de 1 kN en el punto del piso donde resultará la deflexión vertical máxima, para determinar las deflexiones verticales instantáneas máximas debidas al efecto causado al caminar sobre el piso.

(c) Se usa 1 Ns de impulso en el punto de máxima deflexión instantánea encontrado en el inciso (b) para determinar el valor inicial máximo de la velocidad de vibración vertical del piso debida al impacto al caminar.

5.2.25.2 Deflexión. Las combinaciones de acciones asociadas con los estados de deflexión en el ELS que resulta en los valores de diseño del desplazamiento, son dados en el EC0 bajo los siguientes encabezados:

- Combinación característica
- Combinación frecuente
- Combinación cuasi-permanente

Usando los símbolos definidos en la sección anterior, las combinaciones se determinan como sigue:

(a) Combinación característica

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \qquad (5.24)$$

(EC0, ecuación (6.14b))

Esta combinación normalmente se usa para estados límites irreversibles (por ejemplo, estados donde el ELS se infringe permanentemente (incluso cuando las acciones que causaron el exceso son removidas).

(b) Combinación frecuente

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (5.25)$$

(EC0, ecuación (6.15b))

Esta combinación se usa normalmente para estados límite reversibles (por ejemplo, donde lo que sobrepasa el estado desaparece cuando la acción que causa el exceso es removida). Aunque esta opción no es referida en el EC5, puede establecerse un acuerdo con el cliente y la combinación en esas situaciones que caen en esta categoría, con una frecuencia de ocurrencia que será aceptable.

(c) Combinación cuasi-permanente

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (5.26)$$

(EC0, ecuación (6.16b))

Esta ecuación se usa para evaluar efectos a largo plazo (gradual).

Para determinar el valor de diseño, la combinación característica se aplica con cada acción variable actuando como la variable principal, de donde se obtendrá la combinación máxima de carga. Si una condición de estado límite reversible se ha aceptado para el criterio de deformación, se usará la combinación frecuente en vez de la característica.

El desplazamiento de diseño Ef_d que se obtiene al aplicar el caso de cargas de diseño, es una deformación instantánea, por ejemplo el desplazamiento que se da inmediatamente debido a la deformación elástica de la estructura así como también alguna deformación obtenida por movimientos combinados en la estructura.

Asumiendo que todos los miembros, componentes y conexiones tienen el mismo comportamiento de fluencia lenta, y asumiendo que hay una relación lineal entre las acciones y sus desplazamientos asociados, para obtener el desplazamiento causado únicamente por la fluencia lenta, se usa la combinación de carga cuasi-permanente.

La deformación final se obtiene al combinar los desplazamientos instantáneos y los de fluencia lenta. Los requerimientos para la deformación final cuando la estructura comprende miembros con diferentes propiedades que dependen del tiempo, se discuten en la sección 5.3.3 (b).

5.3 Eurocódigo 5: Diseño de estructuras de madera: Generalidades.

En esta sección se discuten aquellos materiales relacionados con el contenido del EC5 que no han sido abordados en la sección 5.2 y que se considera necesitan explicación o alguna clarificación adicional.

5.3.1 Asuntos generales.

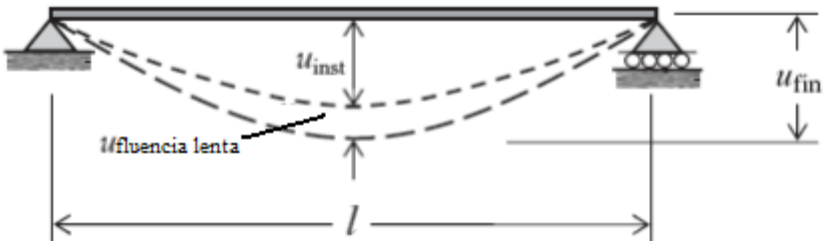
En el Eurocódigo, el eje longitudinal es el eje x-x y los ejes mayor y menor son respectivamente él y-y y el z-z de la sección transversal. La Figura 11 nos muestra dónde es relevante mostrar la dirección de la veta de la madera.

Figura 11. Ejes de miembros

El símbolo señalado denota que la dirección de la veta es paralela al eje *x-x*.

Fuente: Porteous & Kermany, 2007

Figura 12. Deformación (u_{inst}, $u_{fluencia\ lenta}$)



Fuente: Porteous & Kermany, 2007

5.3.2 Estados límite de servicio (EC5, 2.2.3).

En el EC5, la deformación de un miembro o estructura requiere de dos etapas:

(i) Cuando la carga es aplicada inmediatamente. A esto se le llama deformación instantánea: u_{inst}.

(ii) Luego de que el desplazamiento que depende del tiempo (es decir, deformación por fluencia lenta, $u_{fluencia\ lenta}$) ha pasado. A esto se le llama deformación final: u_{fin}.

Estas deformaciones se muestran en un diagrama en la Figura 12, con una viga simplemente soportada sin ninguna curvatura previa.

Tabla 18. Valores de clase de servicio 1, 2 ó 3 k_{def}

	Valor de k_{def}		
Material –estándar	Clase de servicio 1	Clase de servicio 2	Clase de servicio 3
Madera sólida			
EN 14081-1 [11]	0.60	0.80	2.00
Madera laminada encolada			
EN 14080 [12]	0.60	0.80	2.00
LVL			
EN 14374 [13], EN 14279 [14]	0.60	0.80	2.00
Madera contrachapada			
EN 636-1 [15]	0.80	–	–
EN 636-2 [16]	0.80	1.00	–
EN 636-3 [17]	0.80	1.00	2.5
OSB [18]			
EN 300 –tipo OSB/2	2.25	–	–
EN 300 –tipos OSB/3, OSB/4	1.50	2.25	–

Basados en información de la Tabla 3.2, EC5.

Fuente**:** Porteus & Kermani, 2007

La deformación se calcula de dos maneras diferentes, dependiendo del comportamiento de fluencia lenta de la estructura:

(a) *Estructuras constituidas de miembros, componentes y conexiones que tienen el mismo comportamiento de fluencia lenta.*

El comportamiento de fluencia lenta de los productos de madera está en función de varios factores. Para simplificar el proceso de diseño, el EC5 asume que cuando se está sujeto a una carga permanente durante la vida de la estructura, la deflexión instantánea (u_{inst}) y la deflexión por fluencia lenta ($u_{fluencia\ lenta}$) se relacionan como sigue,

$$u_{fluencia\ lenta} = k_{def} u_{inst} \tag{5.27}$$

Donde k_{def} es el factor de deformación cuyo valor depende del tipo de material que está siendo esforzado, así como también su contenido de humedad. Se han obtenido valores para este factor por materiales de madera bajo determinadas condiciones ambientales al ser sujetos a cargas constantes en los ELS a través de la vida de diseño. Sus valores se dan en el EC5, Tabla 3.2. Las condiciones ambientales son referidas como clases 1,2 o 3

de servicio (discutido en el 5.2.20) y los valores para k_{def} para algunos productos de madera con estas condiciones se dan en la Tabla 18.

Para estructuras o miembros que cumplen con las condiciones recién descritas, la deformación final u_{fin}, puede escribirse como:

$$u_{fin} = u_{inst} + u_{fluencia\ lenta} = u_{inst}(1 + k_{def}) \quad (5.28)$$

Cuando una acción no es permanente, para obtener el efecto de fluencia lenta, debe convertirse a una acción permanente equivalente, y esto se hace usando el valor cuasi-permanente de la acción, referida en el 5.2.23.2(c).EC5 utiliza combinaciones características de acciones para derivar las deformaciones instantáneas y combinaciones de carga cuasi-permanentes para derivar la deformación por fluencia lenta. En 3.4 (2) P del EC0, que es un principio, se hace una distinción entre ELS reversibles e irreversibles. Cuando para el cliente es aceptable adoptar una condición de ELS reversible para obtener un diseño económico, la combinación frecuente dada en la ecuación (5.25) debe usarse en vez de la combinación característica para derivar el desplazamiento.

Asumiendo condiciones de ELS irreversibles, la deformación final bajo una carga permanente y variable será como sigue:

Para acciones permanentes, G, en un miembro o conexión:

$$u_{fin,G} = u_{inst,G} + u_{fluencia\ lenta,G} = u_{inst,G}(1 + k_{def}) \quad (5.29)$$

(EC5, ecuación (2.3))

Para la acción de la variable principal, Q_1, en el miembro o conexión:

$$u_{fin,Q,1} = u_{inst,Q,1} + u_{fluencia\ lenta,Q,1} = u_{inst,Q,1}(1 + \psi_2 k_{def}) \quad (5.30)$$

(EC5, ecuación (2.4))

Para las acciones de la variable acompañante, Q_i, en el miembro i o conexión i:

$$u_{fin,Q,1} = u_{inst,Q,1} + u_{fluencia\ lenta,Q,1} = u_{inst,Q,1}(\psi_{0,i} + \psi_{2,i} k_{def}) \quad (5.31)$$

(EC5, ecuación (2.5))

La condición final para n acciones variables será:

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q,1} + \sum_{i=2}^{n} u_{fin,Q,i} \quad (5.32)$$

(Basado en el EC5, ecuación (2.2))

Los valores ψ se obtienen de la Tabla NA.A1.1 en el UKNA para el EC0 (reproducido en parte en la Tabla 10) y donde hay solamente una acción variable, la ecuación (5.31) no es relevante.

(b)Estructuras que comprenden miembros, componentes y conexiones con diferente comportamiento de fluencia lenta. En estas situaciones, el comportamiento de fluencia

lenta afecta la rigidez y la distribución de esfuerzos. La relación lineal entre la deflexión instantánea y la deflexión por fluencia lenta, referida en 5.3.3(a) no se aplica.La deformación instantánea se calcula igual que en 5.3.2(a), pero la deformación por fluencia lenta se deriva usando solamente la condición de carga instantánea (es decir, la combinación de carga cuasi-permanente no se utiliza) y propiedades Reducidas de rigidez para los elementos de la estructura. Las propiedades reducidas de rigidez, se dan en 5.3.4.1(c).Para estructuras o miembros que cumplan con las condiciones establecidas, la deformación final, u_{fin}, se obtendrá de

$$u_{fin} = u_{(inst+fluencia\ lenta)}$$

Donde $u_{(inst+fluencia\ lenta)}$ es la deformación derivada de un análisis eslástico-lineal de la estructura sujeta a la condición de carga instantánea y basada en las propiedades reducidas de rigidez.

Para ambas situaciones, es decir, 5.3.2(a) y 5.3.2 (b), cuando la madera se usa e instalada en o cerca de su punto de saturación de fibra, pero debe funcionar en un ambiente donde es posible que se seque bajo carga, el EC5, 3.2 (4) requiere que el valor de k_{def} dado en el EC5, Tabla 3.2 (reproducido en parte en la Tabla 11), usado en el análisis se incremente por 1.0.La aplicación del factor 2 para obtener los valores k_{def} para conexiones, puede ser inapropiado para ciertas condiciones y tamaños de fijación; sin embargo, como no se provee ninguna indicación en el UKNA para el EC5 sobre esto, los requerimientos deben cumplirse.

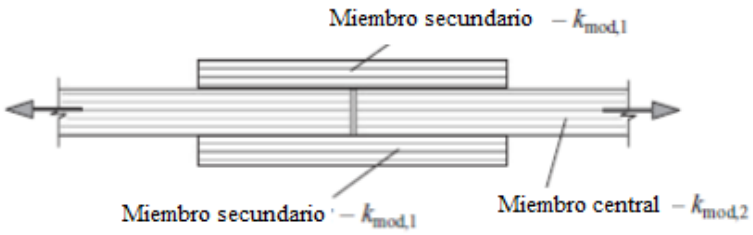
5.3.3 Duración de carga e influencia de la humedad en la resistencia (EC5, 2.3.2.1).

El coeficiente k_{mod} toma abarca los ajustes de las propiedades de resistencia debido al efecto de la duración de carga y contenido de humedad en el proceso de diseño. El coeficiente se obtiene de la Tabla 3.1 del EC5, la cual se ha reproducido, en parte, en la Tabla 12 y se discute en 5.2.20.Cuando la resistencia de una conexión se considera esta comprende dos elementos de madera, cada uno tiene un comportamiento diferente en cuanto al su respuesta en el tiempo, k_{mod} y $k_{mod,2}$ (como se muestra en la Figura 13), el requerimiento establecido en EC5, 2.3.2.1 (2) es que el coeficiente de modificación k_{mod} que se usará en el cálculo de la capacidad de carga de la conexión:

$$k_{mod} = \sqrt{k_{mod,1} k_{mod,2}} \qquad (5.33)$$

(EC5, ecuación (2.6))

Figura 13. Conexión de dos elementos con diferente comportamiento en el tiempo



Fuente: Porteous & Kermany, 2007

5.3.4 Análisis del ELS. Se debe hacer un análisis de desplazamiento en cada condición con el fin de demostrar que la estructura cumple con el criterio de ELS en las condiciones de desplazamiento instantáneo y final. Cuando la estructura está compuesta de miembros o conexiones cuyas propiedades tienen diferentes comportamientos en el tiempo se debe tomar en cuenta el efecto de la fluencia lenta en las propiedades de rigidez:

a) En la condición instantánea, el análisis se lleva a cabo usando el valor de diseño de la combinación de acciones para ELS, es decir con la ecuación (5.24) o (5.25) dependiendo si aplica la combinación de acciones característica o la frecuente. Dado que el comportamiento de fluencia lenta del miembro no es relevante en esta condición, de acuerdo con los requerimientos de EC5, 2.2.3 (2), debe usarse el valor medio del módulo de elasticidad apropiado, módulo de corte y módulo de deslizamiento para derivar las propiedades de rigidez.
b) Para análisis de la condición de deformación final, en donde la estructura tiene un comportamiento elástico lineal y consiste en miembros y conexiones que tienen el mismo comportamiento de fluencia lenta, el valor de diseño de la combinación de acciones será la suma de las acciones usadas en el análisis de condición instantánea referido en (a) más la combinación cuasi permanente, es decir la ecuación (5.26). En esta situación, el comportamiento de fluencia lenta no influenciara el comportamiento de los esfuerzos y como consecuencia las propiedades de la rigidez serán las mismas que las usadas para el análisis de condición instantánea.
c) Cuando la estructura está compuesta de miembros y conexiones que tienen diferente comportamiento de fluencia lenta, esto si influenciara el comportamiento de desplazamiento. Para esta condición, la carga utilizada para el análisis de deformación fina será la misma que para el inciso (a) y el comportamiento de fluencia lenta en el

desplazamiento se podrá alcanzar usando una propiedad de rigidez reducida para el elemento estructural. De acuerdo con los requerimientos de EC5, 2.3.2.2(1), se debe derivar la propiedad de rigidez reducida utilizando los valores medios finales del módulo de elasticidad, módulo de corte y módulo de deslizamiento, como se muestra en las siguientes ecuaciones,

$$E_{medio,fin} = \frac{E_{medio}}{(1+k_{def})} \tag{5.34}$$

(EC5, ecuación (2.8))

$$G_{medio,fin} = \frac{G_{medio}}{(1+k_{def})} \tag{5.34}$$

(EC5, ecuación (2.9))

$$K_{ser,fin} = \frac{K_{ser}}{(1+k_{def})} \tag{5.35}$$

(EC5, ecuación (2.10))

En donde

- $E_{medio,fin}$ es el valor medio final del módulo de elasticidad
- E_{medio}es el valor medio del módulo elasticidad
- $G_{medio,fin}$ es el valor medio final del módulo de corte
- E_{medio}es el valor medio del módulo de corte
- $K_{ser,fin}$ es el valor final del módulo de deslizamiento
- K_{ser} es el valor del módulo de elasticidad, definido en EC5, 7.1
- k_{def} es el coeficiente de deformación para la madera estructural y productos basados en ella, sus valores se dan en la Tabla 18

El valor de diseño des propiedades de rigidez usadas en el análisis son las siguientes:

$$E_{d,SLS} = \frac{E_{med}}{(1+k_{def})}, \qquad G_{d,SLS} = \frac{G_{med}}{(1+k_{def})}, K_{d,SLS} = \frac{K_{ser}}{(1+k_{def})} \tag{5.37}$$

En donde

- $E_{d,SLS}$ es el valor de diseño del valor medio final del módulo de elasticidad en los ELS
- $G_{d,SLS}$ es el valor de diseño del valor medio final del módulo de corte en los ELS
- $K_{d,SLS}$ es el valor de disño del módulo de corte final en los SLS.

5.3.5 Análisis de los ELU. En los ELU, el análisis se lleva a cabo para validad el comportamiento de resistencia y estabilidad. La carga que se usa será la que produzca el efecto de diseño más grande, esta se selecciona a partir de las combinaciones de acciones dadas en 5.2.24.

a) Cuando se lleva a cabo un análisis elástico lineal de primer orden de estructura (como se ve en 5.2.16.1) y ocurra que la distribución de la rigidez en la estructura no afecta la distribución de esfuerzos internos resultaste, de acuerdo con los requerimientos de EC5, 2.2.2 (1) P, se debe usar el valor medio del módulo de elasticidad apropiado, módulo de corte y módulo de deslizamiento para poder derivar las propiedades de rigidez. Esta condición se aplicara cuando todos los miembros tengan las mismas propiedades dependientes del tiempo, las propiedades relevantes para la rigidez serán $E_{medio}, G_{medio}\ y\ K_{ser}$.
b) Se aplicarán las propiedades relacionadas a la rigidez dadas en 5.3.4.2(a) cuando se lleve a cabo un análisis elástico lineal de primer orden de la estructura y ocurra que la distribución de rigidez dentro de la estructura si afecte la distribución de esfuerzos internos resultantes para la condición instantánea. Este será el caso para estructuras en las cuales los miembros, incluyendo las conexiones, tengan diferentes propiedades dependientes del tiempo, o también para miembros compuestos como los que se verán en el Capítulo 9 en los cuales los materiales que se usan tienen diferentes propiedades dependientes del tiempo. Para la condición final y de acuerdo con los requerimientos de EC5, 2.2.2 (1) P, las propiedades se deben derivar utilizando el valor medio final del módulo de elasticidad, módulo de corte y módulo de deslizamiento apropiados que se dan en EC4, 2.3.2.2 (2), Los valores medios finales están ajustados a los componentes de carga que causan los mayores esfuerzos en relación a la resistencia, y son como se muestra a continuación.

$$E_{medio,fin} = \frac{E_{medio}}{(1+\psi_2 k_{def})} \tag{5.38}$$

(EC5, ecuación (2.10))

$$G_{medio,fin} = \frac{G_{medio}}{(1+\psi_2 k_{def})} \tag{5.39}$$

(EC5, ecuación (2.11))

$$K_{ser,fin} = \frac{K_{ser}}{(1+\psi_2 k_{def})} \tag{5.40}$$

(EC5, ecuación (2.12))

En donde las funciones son como se describieron con previamente y ψ_2 es el factor para el valor cuasi permanente de la acción que causa el mayor esfuerzo en relación a la resistencia. Si es una acción permanente, se debe utilizar el valor de 1. En caso de que la determinación de ψ_2 resulte un ejercicio complicado o dificultoso, se puede obtener un valor dentro del rango de seguridad adoptando un valor de 1 para este coeficiente.

c) Cuando se lleve a cabo un análisis elástico lineal de segundo orden de la estructura (como se ve en 5.2.16.1.1(c)). Las propiedades relacionadas a la rigidez se deben derivar utilizan los valores de diseño del módulo de elasticidad y/o módulo de corte como se definió en EC5, 2.4.1 (2) P. Esto es cumpliendo con los requerimientos de EC5, 2.2.2(1)P,

Luego de derivar las propiedades relacionadas a la rigidez de acuerdo con los requerimientos dichos, los valores de diseño utilizados en el análisis de los ULS serán:

Caso (a)

$$E_{d,ULS} = E_{medio}, \qquad G_{d,ULS} = G_{medio}, \qquad K_{d,ULS} = K_{ser} \tag{5.41}$$

Caso (b) en la condición final

$$E_{d,ULS} = \frac{E_{med}}{(1+\psi_2 k_{def})}, \qquad G_{d,ULS} = \frac{G_{med}}{(1+\psi_2 k_{def})}, \qquad K_{d,ULS} = \frac{K_{ser}}{(1+\psi_2 k_{def})} \tag{5.42}$$

Caso (c)

$$E_{d,ULS} = \frac{E_{med}}{\gamma_M}, \qquad G_{d,ULS} = \frac{G_{med}}{\gamma_M}, \qquad K_{d,ULS} = K_u \tag{5.43}$$

Donde las funciones son como se describieron previamente y

- $E_{d,SLS}$ es el valor de diseño del módulo de elasticidad en los ULS
- $G_{d,SLS}$ es el valor de diseño del módulo de corte en los ULS
- $K_{d,SLS}$ es el valor de diseño del módulo de deslizamiento ULS
- γ_M es el coeficiente parcial para una propiedad del material el cual se da en NA.2.3 del UNKA para EC5.

5.3.6 Efectos del tamaño y de la distribución de esfuerzos (EC5 3.2, 3.3, 3.4 y 6.4.3).

La madera estructural no es un material homogéneo y debido a la presencia de sus defectos, la variabilidad de esfuerzo a través y a lo largo de su longitud, así como las configuraciones de cargas usadas, la resistencia entre miembros será variable. Aunque se han hecho un número considerable de investigaciones acerca del tamaño del miembro, su longitud,

volumen configuración de carga y efectos de distribución de esfuerzos, no existe un acuerdo acerca del efecto de estos factores y como se deberían incorporar en el proceso de diseño.

Dado que la madera y los productos relacionados con ella son materiales quebradizos, el enfoque teórico más ampliamente utilizado en la investigación se ha basado en la aplicación de la teoría de la unión más débil, utilizando una distribución Weibull. Aunque no es válida para algunas especies de madera, se asume que los efectos que degradan la resistencia en la madera y productos relacionados se encuentran distribuidos aleatoriamente a lo largo de el volumen y también son de tamaño aleatorio, por lo que permiten considerar a la muestra como un elemento que, cuando está sujeto a tensión, está comprendido de pequeños volúmenes de diferente resistencia. Bajo esta condición, la resistencia de la muestra estará dictada por la resistencia del volumen más débil. Si existen dos miembros con diferentes volúmenes, V_1 y V_2, y la redistribución de resistencia se adecua a la distribución de Weibull, se ha demostrado fácilmente que la teoría concluirá que la relación de la resistencia a la falla respectiva de los miembros (σ_1 y σ_2) se pueden escribir así

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^{1/k_b} \left(\frac{h_1}{h_2}\right)^{1/k_h} \left(\frac{L_1}{L_2}\right)^{1/k_L}$$

En donde los exponentes $1/k_b$, $1/k_h$ y $1/k_L$ son factores asociados a cada una de las dimensiones.

Dado que el ancho de los miembros de madera no varía significativamente, el efecto del ancho generalmente se ignora y la resistencia del miembro se prueba a una razón constante de luz y peralte, los exponentes de luz y peralte se pueden combinar para dar un coeficiente único, es decir

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \left(\frac{h_1}{h_2}\right)^{1/k_{hL}}$$

La teoría de Weibull (como se le llama comúnmente) también ha sido utilizada para investigar los efectos de volumen así como el efectos de variar los tipos de configuración de carga aplicados a los miembros. Sin embargo, las opiniones de investigadores varían acercar de la aplicación de estos efectos, y particularmente acerca de los efectos de configuración.

Además de ello no existe un acuerdo total acerca de los valores que se deben utilizar para los exponentes relevantes. En tales circunstancias, el EC5 ha adoptado un enfoque simplificado y ha ignorado algunos de los efectos. Se han incluido factores para las resistencias de flexión y de tensión en la madera sólida, MLE y LVG así como los efectos de distribución de esfuerzos y

volumen en vigas a un agua y curvas. Los efectos no se aplican a paneles basados en madera, es decir, madera contrachapada, OSB, tableros de fibras, entre otros. La consecuencia de lo anteriormente mencionado es que a diferencia de los diseños en acero estructural y concreto reforzado, cuadro se utiliza madera estructural de la misma clase de resistencia el efecto o defecto puede llevar a tener miembros de diferentes tamaños que tengan diferentes resistencias características.

Para tomar estos efectos en cuenta, los valores característicos de las propiedades de resistencia que se encuentran influenciados por los efectos se pueden derivar usando tamaños de referencia (los cuales son los tamaños de peralte, ancho y longitud para los cuales se pueden ignorar los efectos) y la resistencia característica de la propiedad utilizada para él dice se debe obtener multiplicando la resistencia característica dada en el BS por un coeficiente *k*, que se deriva del tamaño de referencia y el factor $1/k_{hL}$ o $1/k_L$, según sea el caso.

En EC5 el factor k_h, el cual se relaciona con el peralte, y k_l, el cual se relaciona con la longitud, se derivan de funciones exponenciales del tamaño de referencia dividido por el tamaño del miembro, en donde el exponente es el valor derivado de $1/k_{hL}$ o $1/k_L$, según sea el caso. Para tamaños mayores que el tamaño de referencia el coeficiente será menor que la unidad, pero, dado que la reducción es relativamente pequeña, esta se ignora en el EC5 y se toma como 1. Cuando los tamaños son menores que el valor de referencia el factor será mayor que la unidad, con lo que se obtendrá un incremente en la resistencia. Además, a medida que el tamaño del miembro disminuye alcanzara un límite establecido dek_h de 1.3, 1.1 y 1.2 para madera estructural sólida, MLE y madera microlaminada (LVL), respectivamente.

Para derivar la resistencia de flexión característica y un valor de 1.1 para k_l, cuando se deriva la resistencia a tensión de madera microlaminada (LVL) a lo largo de la dirección de la veta, el factor k_h se debe aplicar a flexión sobre el eje fuerte o el eje débil, cuando se trabaja con madera estructural maciza pero cuando trabaja con MLE, únicamente se aplicará al peralte de la viga en los casos en los que la sección se encuentre cargada perpendicularmente al plano de las caras anchas de la laminación. Para la madera mircrolaminada (LVL), k_h únicamente aplicará cuando la sección se encuentre sujeta a flexión en el costado. A manera de ejemplo, el valor teórico del factor k_h que debe utilizarse para determinar la resistencia de tensión y flexión característica en vigas de mle es $(600/h)^{0.1}$, en donde *h* es el peralte para un miembro en flexión o el ancho para un miembro en tensión (el valor máximo de la sección transversal), y $1/k_{hL}$. Esta relacion se da

en EC5, ecuacion (3.2). Sobre los 600 mm se debe tomar el tamaño de referencia $k_h$como 1 y debido a que las dimensiones de la viga pueden disminuir, este sigue función teórica hasta que alcanza un valor máximo de 1.1, para el cual, en los miembros de mleocurre alrededor de los 230 mm. En la Tabla 19 se presentan las relaciones para los efectos del tamaño del miembro utilizadas en EC5, MLE y mircrolaminada (LVL) así como los efectos de distribución de volumen y esfuerzo en la zona del ápice de de vigas a dos aguas, vigas curvas y vigas a dos aguas con intradós curvo construidas con MLE y mircrolaminada (LVL) junto a su criterio de referencia asociada.

5.3.7 Resistencia del sistema (EC5, 6.6).

Cuando el sistema de distribución de carga continua se conecta a una serie de miembros similares igualmente espaciados el sistema de distribución permitirá que corre cizallamiento entre miembro. Esto permite que las propiedades de resistencia del miembro se incremente, para lograr esto se multiplican las propiedades relevantes por un factor de resistencia del sistema, k_{sis}.

El factor únicamente es relevante cuando el sistema es capaz de redistribuir la carga. Esto es gracias a la ventaja del hecho de que los miembros más rígidos toman la parte más grande de la carga aplica y que la probabilidad de que los miembros adyacentes del sistema tengan las mismas características de rigidez y resistencia es baja. El sistema de distribución de carga continua debe poder transferir las cargas en el sistema de un miembro a otro, para esta condición el factor k_{sis} se debe tomar como 1.1.Esto se puede aplicar en los casos en los que el sistema de distribución de carga es como sigue:

a) Pisos estructurales conectados a viguetas de piso en donde el piso es continuo sobre por lo menos dos luces, necesitando al menos cuanto miembro y cualquier conexión en el piso es escalonada.
b) Muros entramados interconectados por revestimiento colocado en el pie derecho de acuerdo con las recomendaciones de manufactura o como lo requiera el diseño. El espaciamiento máximo de los pies derechos debe tomarse como 610 mm c/c.
c) Listones de baldosas, correas o paneles estructurales conectados a tijeras de techo en los cuales los miembros de distribución de carga se conectan en al menos dos luces, necesitando por lo menos cuanto tijeras, con cualquier unión escalonada. El espaciamiento de los escalones no debe ser mayor a 1.2 m.

La carga se debe asumir como una carga de duración de término corto cuando no hay requerimiento que pida verificar que el sistema de distribución de carga es lo suficientemente fuerte para transferir la carga entre los miembro. En el caso de que se deba usar madera laminada en la estructura, el valor de k_{sis} dependerá del número de laminaciones cargadas que se utilicen y si el piso este clavado, atornillado o encolado. Los valores para el factor de resistencia del sistema para placas hechas de madera estructural sólida o madera laminada encolada se dan en la Figura 6.12 de EC5.

Tabla 19. Valores para k_h, k_l, k_{vol} y k_{dis}.

Material	Coeficiente	Definiciones/condiciones	Valor característico o de diseño
Madera sólida	Para flexión y tensión $k_h = min\left\{(\frac{150}{h})^{0.2} o\ 1.3\right\}$	Densidad característica ≤0.75 kg/m^3 (i)Flexión: espesor de referencia h=140 mm. (ii) Tensión: ancho de referencia (la dimensión máxima de la sección transversal) h=150 mm.	i) Resistencia de flexión = $k_h f_{m,k}$ ii) Resistencia de tensión paralela a la veta = $k_h f_{t,0,k}$
MLE	Para flexión y tensión y condiciones de esfuerzo $k_h = min\left\{\left(\frac{150}{h}\right)^{0.2} o\ 1.1\right\}$ En la zona de ápice de vigas de dos aguas, vigas curvas y vigas a dos aguas con intradós curvos con todas las chapas paralelas al eje de la viga $k_{vol} = \left(\frac{Vo}{V}\right)^{0.2}$ En la zona de ápice de las vigas a dos aguas y vigas curvadas $k_{dis} = 1.4$. en la zona de ápice de vigas a dos aguas con intradós curvo $k_{dis} = 1.7$.	Para la evolución de k_h i) Flexión: el peralte de referencia h = 600 mm. (ii) Tensión: el ancho de referencia (la dimensión máxima de la sección transversal) h = 600 mm. Para la evolución de k_{vol} i) Tensión: el volumen de referencia Vo = 0.01 mm^3. El volumen de esfuerzo de la zona ápice (en mm^3) se define en EC5, Figura 6.9, y es V como se ve en la figura 6.7. Note que el valor de V no debe ser mayor a $2V_b/3$, donde Vb es el volumen de la viga.	i) Resistencia de flexión = $k_h f_{m,k}$ ii) Resistencia de tensión paralela a la veta = $k_h f_{t,0,k}$ ii) Resistencia de tensión perpendicular a la veta = $k_{dis} k_{vol} f_{t,90,k}$
LVL	Para flexión al costado, la distribución de esfuerzos y tensión es $k_h = min\left\{\left(\frac{300}{h}\right)^{s} o\ 1.2\right\}$ Para la longitud: $k_l = min\left\{\left(\frac{3000}{h}\right)^{s/2} o\ 1.1\right\}$ En la zona de ápice de vigas de dos aguas, vigas curvas y vigas a dos aguas con intradós curvos con todas las chapas paralelas al eje de la viga $k_{vol} = \left(\frac{Vo}{V}\right)^{0.2}$ En la zona de ápice de las vigas a dos aguas y vigas curvadas k_{dis} es igual que con las vigas laminadas encoladas.	Para la evolución de k_h i) El exponente para el tamaño del miembro se obtiene de EN 14374, s=2(cov)-0.25, en donde cov es el coeficiente de variación de resultados de pruebas. (ii)Flexión: el peralte de referencia h = 300 mm. Para la evolución de vol (i) Tensión: la longitud de referencia l = 3000 mm, s se define de la misma forma que para k_h. Para la evolución de k_{vol} i) Tensión: el volumen de referencia Vo = 0.01 mm^3. El volumen de esfuerzo de la zona ápice (en mm^3) se define en EC5, Figura 6.9, y es V como se ve en la figura 6.7. Note que el valor de V no debe ser mayor a $2V_b/3$, donde Vb es el volumen de la viga.	

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

6. DISEÑO DE MIEMBROS SUJETOS A FLEXIÓN

6.1 Introducción

Los miembros a flexión son aquellos elementos que se encuentran sujetos a flexión en una estructura, varios tipos y formas de tales miembros se usan en la construcción con madera estructural. Las vigas, viguetas para piso, vigas de techo y correas de base son ejemplos típicos. Otros ejemplos son las vigas de madera laminada y compuestos (vigas con almas delgadas y vigas con patines pequeños, los requerimientos de diseño de estos tipos de miembros se cubren en el Capítulo 8 y 9 respectivamente. En la Figura 14 se muestran algunos ejemplos típicos de vigas.

Aunque los principios de diseño usados para el diseño de miembros de madera en flexión son esencialmente los mismos que aquellos usados para miembros construidos de otros materiales, p.ej. concreto o acero, las características de los de la madera estructural o productos basados en ella requieren que se lleven a cabo comprobaciones de diseño adicionales. En la madera, las propiedades del material son diferentes en las dos direcciones principales, es decir paralelas y perpendiculares a la veta y, a diferencia del acero y concreto, son afectadas por cambios en el contenido de humedad y la duración de la carga.(Porteous & Kermany, 2007)

Este capítulo trata a detalle los requerimientos necesarios para el diseño de miembros a flexión hechos de madera solida o productos basados en madera estructural de sección transversal uniforme cuya veta es esencialmente paralela a la longitud del miembro.

Tabla20. Requerimientos de diseño para miembros a flexión y los estados límite EC5.

Efecto de diseño o de desplazamiento	Estado límite de EC5
Conservación del equilibrio estático (deslizamiento, sustentación)	ELU
Esfuerzo de flexión y prevención contra inestabilidad torsional	ELU
Esfuerzo de corte	ELU
Esfuerzo de soporte	ELU
Esfuerzo de torsión	ELU
Deflexión	ELS
Vibración	ELS

Fuente: Porteous & Kermany, 2007

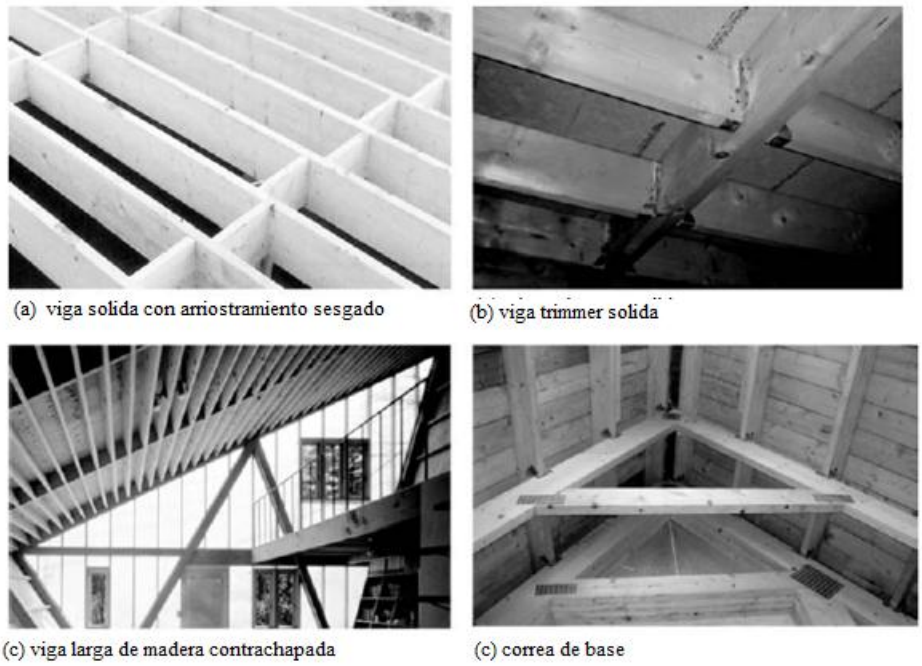
6.2 Consideraciones de diseño

Los principales requerimientos de diseño para miembros a flexión se presentan en la Tabla 20.

El EC5 establece las reglas relevantes que deben cumplir los miembros a flexión. En la Tabla 20 se dan los estados límites asociados a los principales efectos de diseño. Los estados de equilibrio y condiciones de resistencia se relacionan a las situaciones de falla y son los estados límites últimos, mientras que las condiciones de desplazamiento y vibración se relacionan con las situaciones de uso normal y son los estados límite de servicio. Sin embargo, si existe la posibilidad de que aparezca una condición de diseño en la cual un desplazamiento pueda ser la causa de un colapso estructural, los estados límites deberían ser verificados para el mayor de los efectos de diseño resultantes de la aplicación de la combinación de las acciones referidas en 5.2.24.(Porteous & Kermany, 2007)

Para este capítulo se adopta la teoría de flexión para deformaciones pequeñas, además las limitaciones de desviaciones (de la rectitud) permitidas deben cumplir con los criterios dados en la *Sección 10* del EC5.

Figura14. Ejemplos de miembros a flexión



Fuente: Porteous & Kermany, 2007

En general, la flexión es el criterio más crítico para vigas de luz media, la deflexión y vibración para vigas de luz larga y el corte para vigas de luz corta altamente cargadas, sin embargo en la práctica las comprobaciones de diseño deben ser llevadas a cabo para todas las condiciones de diseño y desplazamiento.

Para condiciones relacionadas a la resistencia, el valor de cada esfuerzo (es decir el esfuerzo de diseño) se calcula y compara con el valor de diseño de su resistencia equivalente (la resistencia de diseño modificada por factores de diseño, según sea el caso) y, para cumplir con los requerimientos de seguridad del código, cuando se el método de coeficientes parciales se deben cumplir las siguientes condiciones. (Legrand, 2008)

Esfuerzo de diseño ≤ Factores de resistencia × Resistencia de diseño

6.3 Valor de diseño del efecto de las acciones

Con el fin de verificar los estados límite últimos y de servicio, se debe revisar cada efecto de diseño y se debe usar el valor máximo de la combinación de fuerzas pertinente de cada efecto. En el caso de los estados límite últimos, los valores más altos se derivarán de la aplicación de la combinación fundamental de fuerzas referidas en 5.2.24 y dadas en la Tabla 17. En caso de ser necesario diseñar para situaciones accidentales, se debe usar la combinación de fuerzas dadas en la Tabla 18. Para los estados límites de servicio se aplicarán las combinaciones de fuerzas discutidas en 5.2.25.(Porteous & Kermany, 2007)

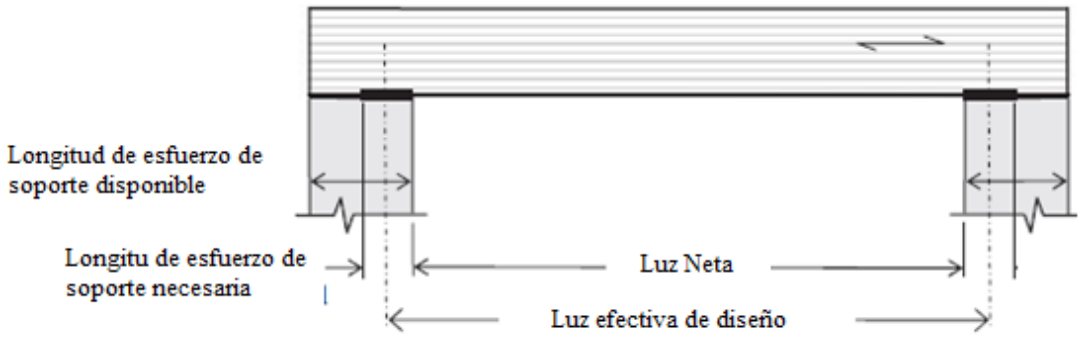
Para los estados relacionados con la resistencia, el efecto de diseño será una función del coeficiente de modificación de la resistencia, k_{mod}, referido en 5.2.20. Si la combinación de cargas comprende acciones que incluyen diferentes duraciones de carga, como se explica en 5.2.24, se debe aplicar el coeficiente de modificación a la propiedad en consideración correspondiente a la acción con la duración más corta usada en la carga, y cuando hay una relación lineal entre la acción y el efecto, la condición de diseño será aquella que dé el valor más grande después de dividirla por el coeficiente k_{mod}. (CEN, 2004)

6.4 Luz de la viga

En el EC5 se considera que el esfuerzo de soporte al final de una viga es uniformemente distribuido sobre el área de apoyo, y para vigas simplemente soportadas donde el área de apoyoes mucho mayor que la requerida por razones de resistencia, la viga únicamente necesita ser

diseñada para abarcar suficiente área para asegurar que no se exceda la resistencia de esfuerzo de soportede diseño. (Legrand, 2008)

Figura 15. Luz de la viga



Fuente: Porteous & Kermany, 2007

En estos casos la luz de diseño, es decir la luz efectiva de la viga, será la luz neta más la mitad de la longitud de apoyo de cada extremo, como se muestra en la Figura 15. Para la madera solida las vigas y viguetas usualmente es aceptable asumir una longitud adicional de 50 mm agregada a la luz neta, y para vigas armadas con luces sobre 12 m se puede permitir 100 mm. Para casos donde la carga de la viga es alta se usan mayores luces de vigas se deben hacer previsiones iniciales en el requerimiento de apoyo para determinar la permisibilidad aplicable.(Legrand, 2008)

6.5 Diseño para estados limites últimos (ELU)

De acuerdo con la *Sección 6* del EC5, en los ELU, el diseño de vigas se valida contra las condiciones de falla y los procedimientos de diseño en estos estados para miembros de madera solida o productos estructurales basados en madera. El diseño para los estados limite últimos comprende la verificación de la flexión, corte, esfuerzo de soporte, torsión y, corte y torsión combinados. (Legrand, 2008)

6.5.1 Flexión.

La teoría elástica de los estados de flexión establece que cuando, por ejemplo, un miembro solido rectangular como el que se muestra en la Figura 16 está sujeto a un momento de flexión M alrededor del eje y-y (el eje fuerte), el esfuerzo de diseño a cualquier distancia z de este eje será

$$\sigma = M \cdot z/I_y \qquad (6.1)$$

donde I_y es el segundo momento de área de la sección transversal alrededor de *y-y*.

El término I_y/z se conoce como el modulo de sección alrededor del eje fuerte y se denota con el símbolo W_{y}. El valor de W_{y} depende de la distancia desde el eje *y-y* y los valores usados en el diseño para *z* son las distancias hacia la fibra extrema de la sección en compresión y tensión. Adoptando los símbolos definidos en el Capítulo5, el esfuerzo de flexión de diseño,$\sigma_{\mathrm{m},y,d}$, en la fibra extrema en la sección rectangular mostrada en la Figura15 cuando la flexión ocurre sobre su eje fuerte por un momento de diseño, M_d, es

$$\sigma_{\mathrm{m},y,d} = M_{\mathrm{d}}/W_{\mathrm{y}} \tag{6.2}$$

Donde

- El módulo de sección $W_{\mathrm{y}} = \frac{I_{\mathrm{y}}}{z} = \frac{bh^3}{12} * \frac{2}{h} = \frac{bh^2}{6}$ (6.3)

Es posible derivar expresiones similares para el diseño de esfuerzos de flexión sobre el eje *z–z* (el eje débil) en la fibra extrema basado en el momento de diseño alrededor de ese eje y del módulo de sección W_{z}.

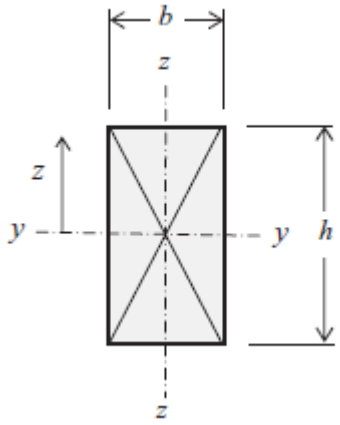
Cuando un miembro se sujeta a flexión, siempre que no haya reducción en la resistencia debido a la inestabilidad torsional de la sección, su resistencia de diseño estará basada en la resistencia de flexión del material del miembro.

La inestabilidad torsional lateral afecta a un miembro flexionado sobre su eje *y-y* cuando la cara a compresión del miembro no está completamente restringida contra el movimiento lateral y la esbeltez para flexión,$\lambda_{\mathrm{rel,m}}$,alrededor del eje es ≥0.75. El procedimiento de diseño para miembros que no están afectadas por inestabilidad torsional lateral se describe en 6.5.1.1. (CEN, 2004)

En caso de que la rigidez relativa para flexión de un miembro sobre el eje y-y exceda 0.75, el procedimiento de diseño para tomar en cuenta el efecto de la inestabilidad torsional lateral se da en 6.5.1.2.

El procedimiento para determinar la razón de rigidez para la flexión de un miembro sobre su eje fuerte se da en 6.5.1.2.

Figura 16. Sección transversal de una viga rectangular



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Donde

- *h* es el peralte de la viga
- *b* es el ancho de la viga

6.5.1.1 Flexión (cuando la razón de esbeltez relativa para flexión sobre el eje mayor es ≤0.75). Cuando un miembro se sujeta a flexión uniaxial sobre su eje y-y y la razón de rigidez relativa para flexión sobre su eje es ≤0.75. La condición de diseño para flexión es que el esfuerzo de flexión máximo en la sección no deberá exceder la resistencia de flexión de la madera o material basado en madera estructural usado para el miembro. Esto se logra al cumplir con la ecuación (6.4a): (CEN, 2004)

$$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} \leq 1 \qquad (6.4a)$$

Para un miembro sujeto a flexión uniaxial sobre su eje *z*-zno ocurrirá inestabilidad torsional y la condición de diseño nuevamente es que el esfuerzo máximo de flexión en la sección no exceda la resistencia de diseño a flexión en la madera o material del producto estructural basado en madera usado para el miembro. Para flexión sobre este eje, se debe satisfacer la ecuación (6.4b): (CEN, 2004)

$$\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} \leq 1 \qquad (6.4b)$$

Si un miembro se encuentra sujeto a flexión sobre ambos ejes y razón de rigidez relativa para flexión sobre el eje y-y es ≤0.75, la condición de diseño que debe cumplirse es que se satisfagan las ecuaciones (6.3c) y (6.4d),(CEN, 2004)

$$\frac{\sigma_{\mathrm{m},y,\mathrm{d}}}{f_{\mathrm{m},y,\mathrm{d}}} + k_{\mathrm{m}} * \frac{\sigma_{\mathrm{m},z,\mathrm{d}}}{f_{\mathrm{m},z,\mathrm{d}}} \leq 1 \quad (6.4c)$$

$$k_{\mathrm{m}} * \frac{\sigma_{\mathrm{m},y,\mathrm{d}}}{f_{\mathrm{m},y,\mathrm{d}}} + \frac{\sigma_{\mathrm{m},z,\mathrm{d}}}{f_{\mathrm{m},z,\mathrm{d}}} \leq 1 \quad (6.4d)$$

Las cuales se refieren las ecuaciones (6.11) y (6.12) del EC5, respectivamente, donde $\sigma_{\mathrm{m},y,\mathrm{d}}$y $\sigma_{\mathrm{m},z,\mathrm{d}}$ son los esfuerzos de flexión de diseño sobre el eje fuerte o débil como se muestra en la Figura 16, y, para una sección rectangular de ancho *b* (mm) y altura *h* (mm) como se muestra:

$$\sigma_{\mathrm{m},y,d} = M_{\mathrm{y,d}}/W_{\mathrm{y}}$$

- $M_{\mathrm{y,d}}$ es el momento de flexión de diseño sobre el eje y-y
- $W_{\mathrm{y}} = {bh^2}/{6}$ es el módulo de sección asociado;

$$\sigma_{\mathrm{m},z,d} = M_{\mathrm{z,d}}/W_{\mathrm{z}}$$

- $M_{\mathrm{z,d}}$ es el momento de flexión de diseño sobre el eje z-z
- $W_{\mathrm{z}} = {bh^2}/{6}$es el módulo de sección asociado.
- $f_{\mathrm{m},y,\mathrm{d}}$y $f_{\mathrm{m},z,\mathrm{d}}$ son las resistencias de diseño a flexión sobre el eje fuerte y débil, respectivamente

$$f_{\mathrm{m},\frac{y}{z},\mathrm{d}} = \left(k_{\mathrm{mod}} * k_{\mathrm{sis}} * k_{\mathrm{h}} * f_{\mathrm{m,k}}\right) * \gamma_{\mathrm{M}} \quad (6.5)$$

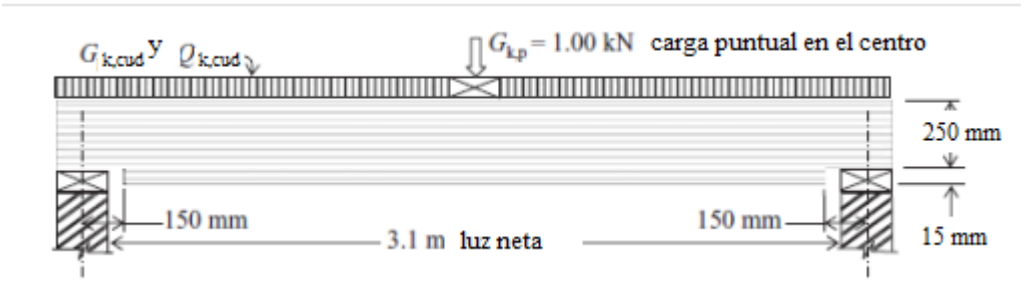
  - k_{mod} es el coeficiente de modificación para la duración de carga y clases de servicio discutidas en 5.2.20 y dadas en la Tabla 12.
  - k_{sis} es el coeficiente de resistencia del sistema discutido en 5.3.7.
  - k_{h} es el coeficiente de modificación para el efecto del tamaño del miembro, referido en las Tablas 13 y 19 y discutido en 5.3.6. Como el efecto solamente se aplica a madera solida y LVL, así como madera laminada, para diseñar usando otros productos estructurales basados en madera, el coeficiente debe tomarse como 1. Dado que el coeficiente depende del tamaño del miembro en la dirección de la flexión, el valor para flexión sobre el eje y-y puede diferir del valor para flexión sobre el eje x-x.
  - $f_{\mathrm{m,k}}$ es la resistencia de flexión característica de la madera o, en caso de productos estructurales basados en madera, es la resistencia de flexión característica relacionada al eje de flexión en consideración. La información de resistencia para madera y productos estructurales basados en madera usados comúnmente se da en el Capítulo4.

- γ_M es el coeficiente parcial para las propiedades del material, dadas en la Tabla 14.
- k_m es el coeficiente que permite la redistribución de esfuerzo en un elemento (comportamiento plástico) en el bloque de esfuerzo y también toma en cuenta el efecto de la variación en las propiedades del material. Los valores para este factor se dan en *6.1.6(2)*, EC5:
  - Para madera sólida y LVL (y madera laminada), *k*m =0.7 para una sección rectangular, y k_m =1.0 para otras secciones.
  - Para otros productos estructurales basados en madera, k_m=1.0 para cualquier sección transversal.

Ejemplo 6.1

Una viga de residencia soporta una carga característica. La viga mide 60 mm por 250 mm y tiene una luz de 3.1 m. la longitud de apoyo está restringida a 85 mm en cada extremo como se observa en la de la Figura 17 y se encuentra restringida lateralmente contra pandeo lateral a lo largo de su longitud y tiene muescas en sus extremos de 15 mm de profundidad que se extienden 150 mm dentro de la viga desde el centro de cada soporte como se ve en la figura. Las muescas están en el mismo lado de los soportes de la viga. El material es de clase de resistencia C24 según BS EN 338:2003, y funciona en condiciones de clase de servicio 2. (Vea el ejemplo completo en la sección 6.7)

Figura 17. Condiciones de la viga del Ejemplo 6.1



Fuente: Elaboración propia, 2011

Dado

$G_{k,cud}$ = 1.0kN/m (acción característica permanente y uniformemente distribuida)

$Q_{k,cud} = 2.5$kN/m (acción característica de término medio y uniformemente distribuida)

$G_{k,p} = 1.0$kN/m (carga puntual característica a la mitad de la luz)

Determine si la viga cumplirá con los requerimientos de diseño del EC5 para flexión.

Solución:

1) Propiedades geométricas de la viga

Longitud de apoyo de la viga en el extremo de la muesca	$l_b = 85$ mm
Luz de diseño de la viga,	
$l = l_c + l_b = 85$ mm + 3100 mm	$l = 3.185$ mm
Profundidad de la muesca en cada extremo de la viga	$h_n = 15$ mm
Inclinación de la muesca, *i*	$i = 0$ mm$^{1/3}$
Altura de la viga en cada extremo,	
$h_{ef} = h - h_n =$	$h_{ef} = 235$ mm
Relación h_{ef}/h, α	$\alpha = 0.94$
Módulo de sección de la viga sobre su eje *y-y*, $W_y = \frac{b*h^2}{6}$	$W_y = 6.25 * 10^5$ mm^3

2) Propiedades de la madera estructural

Tabla 3, clase de resistencia C24 (BS EN 338:2003, *Tabla 1*):

Resistencia de flexión característica,	$f_{m,k} = 24$N/mm^2
Resistencia de corte característica,	$f_{v,k} = 2.5$N/mm^2
Resistencia de soporte (cizallamiento) característica,	$f_{c,90,k} = 2.5$ N/mm^2
Quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la veta	$E_{0,05} = 7.4$ kN/mm^2
Módulo de elasticidad medio paralelo a la veta	$E_{0,medio} = 11$ kN/mm^2
Módulo de corte medio,	$G_{0,medio} = 0.69$ kN/mm^2
Densidad promedio de la madera de la viga	$\rho_m = 420$ kg/m^3

3) Coeficientes parciales de seguridad

Tabla 16 para los ELU	
Acciones permanentes	$\gamma_{G,ELU} = 1.35$
Acciones variables	$\gamma_{Q,ELU} = 1.5$
Tabla 14	
Coeficiente del material para madera sólida en los ELU	$\gamma_M = 1.3$

4) Acciones

ELU

Peso propio característico de la viga, ($\rho_m = 0.0428$)

$G_{k,pp} = b * h * g * \rho_m$ $G_{k,pesop} = 0.063$kN/m

(1) Acción de diseño del peso propio de la viga,

$F_{d,pesop} = \gamma_{G,ELU} * G_{k,pesop} = 1{,}35*0.063$kN/m $F_{d,pesop} = 0.085$ kN/m

(2) Acción de diseño debido a la carga puntual permanente,

$F_{d,p} = \gamma_{G,ELU} * G_{k,p} = 1{,}35*1.0$kN/m $F_{d,p} = 1.35$ kN

(3) Acción de diseño debido a la acción de la cud permanente,

$F_{d,p,cud} = \gamma_{G,ELU} * G_{k,cud} = 1{,}35*1.0$kN/m $F_{d,p,cud} = 1.35$ kN

(4) Acción de diseño debido a la acción de la cud variable,

$F_{d,q,cud} = \gamma_{G,ELU} * Q_{k,cud}$=1,35*2.5 kN/m $F_{d,q,cud} = 3.75$kN

5) Coeficientes de modificación

Coeficiente para duración de carga media
y clase de servicio 2 (Tabla 12) $k_{mod,med} = 0.8$

Coeficiente de tamaño para altura mayor
a 150 mm (Tabla 19) $k_h = 1.0$

Estabilidad lateral de la viga (Tabla 29) $k_{crit} = 1.0$

Coeficiente de reducción para la muesca, k_v de la ecuación (6.19)

Coeficiente de corte para la madera solida $k_{n=}$ 5 mm$^{0.5}$

Coeficiente de reducción para vigas con muescas

$$k_{\mathrm{v}} = \min\left[1, \frac{k_{\mathrm{n}}\left(1+\frac{1.1\mathrm{i}^{1.5}}{\sqrt{\mathrm{h}}}\right)}{\sqrt{\mathrm{h}}\left(\sqrt{\alpha(1-\alpha)}+0.8\left(\frac{\mathrm{x}}{\mathrm{h}}\right)\sqrt{(1-\alpha)-\alpha^2}\right.}\right]$$

$$k_{\mathrm{v}} = \min\left[1, \frac{5\ \mathrm{mm}^{0.5}\left(1+\frac{1.1*0^{1.5}}{\sqrt{250\ \mathrm{mm}}}\right)}{\sqrt{250\ \mathrm{mm}}\left(\sqrt{0.94(1-0.94)}+0.8\left(\frac{150\mathrm{mm}}{250\ \mathrm{mm}}\right)\sqrt{(1-0.94)-0.94^2}\right.}\right] = 0.71$$

Coeficiente de apoyo, $k_{\mathrm{c},90}$, utilizando la ecuación (6.24)

$k1_{c,90} = \left(2.38 - \frac{85\ \text{mm} * mm^{-1}}{250}\right)\left(1 + \frac{235\ \text{mm}}{12 * 85\ \text{mm}}\right)$ $k1_{c,90} = 2.51$

Coeficiente de deformación para clase de servicio 2 (Tabla 18) $k_{\text{def}} = 0.8$

6) Resistencia al pandeo

Nota 1: cómo se explica en la sección 5.2.24, el mayor efecto de diseño es aquel que se asocia con el mayor valor de la acción de diseño dividida por el k_{mod} para las combinaciones características de los casos de carga que puedan existir. El caso de carga critica será la combinación de cargas de diseño (1)+ (2)+ (3)+ (4) y únicamente este caso se ha considerado para este ejemplo.

$$M_{\text{d}} = \frac{F_{d.p} * l}{4} * \frac{F_{d.peso} * l^2}{8} * \frac{F_{d.p,cud} * l^2}{8} * \frac{F_{d.q,cud} * l^2}{8}$$

$$M_{\text{d}} = \frac{1.35\ \text{kN} * 3.185\ m}{4} * \frac{0.085\frac{\text{kN}}{\text{m}} * 3.185\ m^2}{8} * \frac{\frac{1.35\text{kN}}{\text{m}} * 3.185\ m^2}{8} * \frac{3.75\frac{\text{kN}}{\text{m}} * 3.185\ m^2}{8} = 7.64\text{kN m}$$

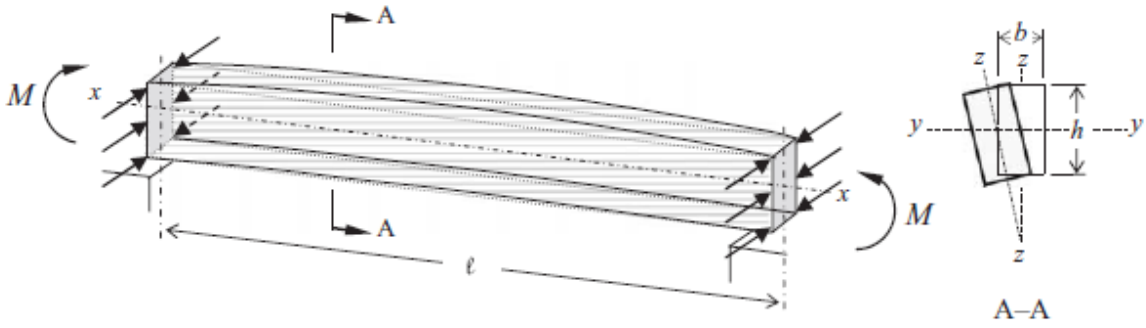
Esfuerzo de flexión de diseño, $\sigma_{\text{m,y,d}} = M_{\text{d}}/W_{\text{y}}$ $\sigma_{\text{m,y,d}} = 12.24\ \text{N/mm}^2$

Resistencia de flexión de diseño (6.5), $f_{\text{m,y,d}} = (k_{\text{mod,med}} \cdot k_{\text{sis}} \cdot\ k_{\text{h}} \cdot\ f_{\text{m,k}})/\gamma_{\text{M}}$

$f_{\text{m,y,d}} = (0.8 \cdot 1.0 \cdot\ 1.0 \cdot\ 24\text{N/mm}^2)/1.3$ $f_{\text{m,y,d}} = 14.77\ \text{N/mm}^2$

La resistencia al pandeo es aceptable.

Figura 18. Pandeo lateral torsional de una viga sujeta a momentos uniformes



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

En las secciones cuyo momento de área sobre los ejes *y-y* tiene el mismo valor al de *z-z* (por ejemplo miembros cuadrados o circulares) la inestabilidad torsional lateral no ocurrirá y

$f_{m,y,d}$igualará a $f_{m,z,d}$. Cuando se usen secciones circulares, el módulo de sección será (πd^3)/32, donde *d* es el diámetro de la sección del miembro.

6.5.1.2 Flexión (cuando la razón de esbeltez relativa para flexión sobre el eje mayor es >0.75). Cuando una viga perfectamente recta está sujeta a flexión sobre su eje y-y, por medio de la teoría del pandeo elástico puede demostrarse que hay una carga critica elástica a la cual la viga se volverá inestable, fallando repentinamente al deflactarse hacia los lados y girar sobre su eje x-x. Esta forma de falla se denomina pandeo lateral torsional y se muestra en la sección A-A en la Figura 18 para un miembro sujeto a flexión pura sobre su eje y-y.(CEN, 2004)

El momento flector para el cual el pandeo elástico ocurrirá se denomina momento elástico crítico y es una función de la naturaleza de la carga en la viga, la longitud de la viga y sus condiciones de soporte, la posición de la carga de la viga relativa a su centro de corte, el módulo de corte y el módulo de elasticidad de la viga así como las propiedades de la sección. Para un miembro con una luz de diseño, *l*, restringido contra movimiento torsional en su extremo pero libre de rotar lateralmente entre apoyos, sujeto a momento puro aplicado en sus extremos sobre el eje y-y, como se indica en la Figura 18, se puede demostrar que el momento elástico crítico de la viga, $M_{y,\text{crit}}$, es:

$$M_{y,\text{crit}} = \frac{\pi}{l}\sqrt{\frac{E_{0.05} I_z G_{0,05} I_{\text{tor}}}{\left(1 - \left(\frac{I_z}{I_y}\right)\right)}} \qquad (6.6a)$$

Donde

- $E_{0.05}$es el valor del quinto percentil del modulo de elasticidad
- I_{tor} es el momento torsional de inercia
- $G_{0,05}$ es el valor del quinto percentil del modulo de corte
- I_z es el segundo momento de área sobre el eje débil
- I_y es el segundo momento de área sobre el eje fuerte

Para una sección rectangular de ancho *b*, altura *h*, e I_z= (1/12)hb^3, I_{tor} puede considerarse aproximadamente igual 1/3$(b)^3h$ (1 −0.63(*b/h*)). Al incluir estas relaciones en la ecuación (6.6a) el momento crítico elástico se puede escribir como:

$$M_{y,\,\text{crit}} = \frac{\pi(b^3 h)\sqrt{E_{0,05}G_{0,05}\left(\frac{1-0.63\left(\frac{b}{h}\right)}{1-\left(\frac{b}{h}\right)^2}\right)}}{6l} \tag{6.6b}$$

Para todos los tamaños prácticos de vigas de madera sólida, el factor $((1-0.63\,(b/h))/(1-(b/h)^2))^{0.5}$ (referido como factor *a*) es menor que la unidad y únicamente influenciará la resistencia a pandeo por un pequeño porcentaje. En el EC5 se ignora el factor *a* para vigas rectangulares de madera suave sólida y el momento crítico elástico se transforma en:

$$M_{y,\,\text{crit}} = \frac{\pi(b^3 h)\sqrt{E_{0,05}G_{0,05}}}{6l} \tag{6.7a}$$

Para secciones solidas rectangulares hechas con madera dura, LVL (o madera laminada), en el EC5 la rigidez torsional total se conserva, pero la función $\left(1-\left(\frac{b}{h}\right)^2\right)$ en el factor *a*se ignora por lo que la relación del momento crítico elástico para estos materiales es:

$$M_{y,\,\text{crit}} = \frac{\pi(b^3 h)\sqrt{E_{0,05}G_{0,05}\left(1-0.63\left(\frac{b}{h}\right)\right)}}{6l} \tag{6.7b}$$

Cuando el módulo de sección sobre el eje fuerte y-y es W_y, a partir de la ecuación (6.7b) se determina que el esfuerzo en la sección será:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{\pi b^3\sqrt{E_{0,05}G_{0,05}\left(1-0.63\left(\frac{h}{b}\right)\right)}}{\mathrm{h}l} \tag{6.7c}$$

(EC5, ecuación (6.31))

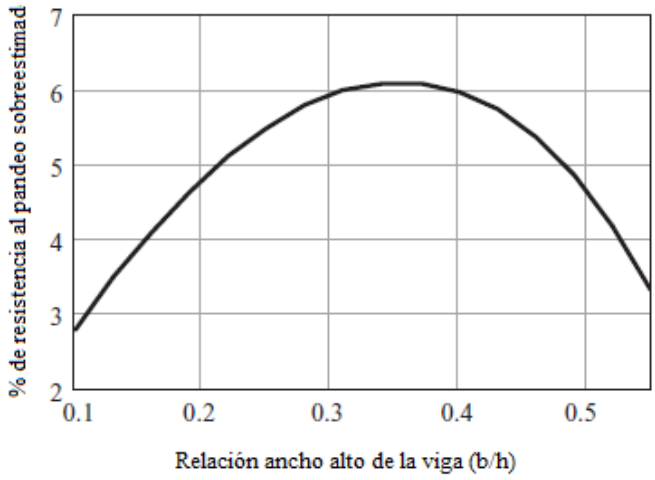
La ecuación (6.7c) se relaciona a la madera dura, vigas LVL (o madera laminada) de secciones rectangulares sujetas a momentos uniformes en cada extremo. Para secciones rectangulares de madera blanda, la razón de $E_{0,05}/G_{0,05}$ para madera estructural se considera aproximadamente 16, y al aplicar esto a la ecuación (6.7a) el esfuerzo de flexión crítico (la resistencia a pandeo), $\sigma_{\mathrm{m},crit}$, de una viga rectangular de madera suave que se flexiona sobre su eje fuerte se puede escribir como:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.78b^3E_{0,05}}{\mathrm{h}l} \tag{6.8}$$

Donde

- $E_{0,05}$ es el valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo ala veta.
- *b* y *h* son el ancho y altura de la viga.
- *l* es la luz de diseño de la viga simplemente apoyada entre soportes laterales en su extremo.
- W_y es el modulo de sección de la viga sobre su eje y-y.

Figura 19. Porcentaje sobrestimado del momento crítico elástico



Comportamiento de viga rectangular, cuando se ignora el factor a.

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Las ecuaciones (6.7a) y (6.7b) son válidas únicamente para la condición de momento puro aplicado a una viga simplemente apoyada en la cual se impide el movimiento lateral de los extremos y además estos son libres de rotar en el plano de la viga, y están completamente restringidos de rotación torsional. Para las situaciones donde existen diferentes condiciones de apoyo y el momento es inducido por otros tipos de cargas, así como los casos donde la carga se aplica en la cara a compresión (o tensión) en lugar del eje centroidal de la viga, el momento elástico critico puede obtenerse usando la misma expresión pero reemplazando la luz de diseño *l* por lo que es definido como "longitud efectiva" l_{ef}, de la viga. La longitud efectiva se obtiene ajustando la luz de diseño para tomar en cuenta el efecto del cambio en la carga y las condiciones del de apoyo de los extremo. Los valores para los casos usados en el diseño de madera estructural se dan en la Tabla 21. (CEN, 2004)

Como es extremadamente difícil alcanzar una restricción completa contra la rotación lateral entre apoyos de una viga simple, con excepción de vigas en voladizo (donde se asume que existe restricción total), todos los otros casos dados en la Tabla 21 asumen que la viga está

completamente restringida contra rotación torsional pero es capaz de rotar en entre apoyos.(Porteous & Kermany, 2007)

Cuando se diseñan vigas rectangulares solidas de madera blanda, basadas en el uso de longitudes efectivas, la ecuación (6.8) puede reescribirse como:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.78 b^3 E_{0,05}}{\mathrm{h} l_{\mathrm{ef}}} \tag{6.9a}$$

(EC5, ecuación (6.32))

Y cuando se diseña con madera dura, vigas rectangulares LVL (o madera laminada), la ecuación (6.7) será como la dada en (6.9), la cual es equivalente a la *ecuación (6.31)* en EC5:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{\pi b^3 \sqrt{E_{0,05} G_{0,05} \left(1 - 0.63\left(\frac{h}{b}\right)\right)}}{\mathrm{h} l_{\mathrm{ef}}} \tag{6.9b}$$

Donde l_{ef} es la longitud efectiva que se obtiene de la Tabla 21 para la configuración de carga usada.

Tabla 21. Relación de "longitud efectiva" con respecto a la luz de la viga

Condición de apoyo de la viga: Restringido lateralmente, restringido para torsión, libre de rotar entre apoyos.	Carga Aplicada	$l_{ef}/_{l}$
Simplemente apoyada	Momento constante	1.0
	Carga Uniformemente distribuida	0.9
	Carga concentrada en el centro de la luz	0.8
	Cargas puntuales en un cuarto y tres cuartos	0.96
	Momento (*M*) en un extremo y *M/2* en la dirección opuesta en el otro extremo.	0.76
	Momento (*M*) en un extremo y momento cero en el otro extremo	0.53
Completamente fija en ambos extremos	Carga uniformemente distribuida	0.78
	Carga concentrada a la mitad de la luz	0.64
Simplemente soportada y restringida del movimiento torsional lateral en la mitad de la luz		0.28
Voladizo	Carga uniformemente distribuida	0.5
	Carga concentrada en el extremo libre	0.8

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Para vincular la resistencia al pandeo de una viga, $\sigma_{\mathrm{m,crit}}$, a su resistencia a flexión, $\sigma_{\mathrm{m,crit}}$, se usa la siguiente relación en EC5:

$$(\lambda_{\mathrm{rel,m}})^2 \sigma_{\mathrm{m,crit}} = f_{\mathrm{m,k}}$$

En el EC5 se define la ecuación (6.30), como sigue

$$\lambda_{\mathrm{rel,m}} = \sqrt{\frac{f_{\mathrm{m,k}}}{\sigma_{\mathrm{m,crit}}}} \tag{6.10}$$

Donde $\lambda_{\mathrm{rel,m}}$ se define como la esbeltez para flexión.

La ecuación (6.10) es válida únicamente cuando el esfuerzo crítico de flexión es menor o igual al límite elástico del material. Más allá de este límite, la relación tiene que ser modifica para tomar en cuenta el efecto del comportamiento inelástico del material y para establecer un valor mínimo para la esbeltez relativa bajo la cual el pandeo torsional lateral no se presentará.

En el EC5 se ha adoptado el valor de $\lambda_{rel,m} = 0.75$ como el límite bajo el cual la viga será suficientemente rígida para no pandearse lateralmente y para todos los valores menores que 0.75 la condición de diseño que debe cumplirse es que el esfuerzo de pandeo máximo en la sección no exceda la resistencia a flexión del miembro. Para esta condición la viga debe cumplir con los requerimientos de 6.5.1.1.(CEN, 2004)

Cuando $\lambda_{rel,m} \geq 1.4$ (1.4 es el valor al cual la razón de $f_{m,k}/\sigma_{m,crit}$ es aproximadamente igual a 2 y se considera que es el límite elástico del material de la viga), se considera que la viga falla solamente por pandeo elástico y la resistencia de flexión elástica critica se convertirá en la condición de diseño. Para valores de esbeltez entre 0.75 y 1.4 la sección fallará de forma inelástica y el EC5 aproxima como lineal la relación entre la esbeltez y la resistencia del miembro entre estos límites.(CEN, 2004)

Para considerar el efecto de la reducción en la resistencia de la viga en relación al incremento de $\lambda_{\mathrm{rel,m}}$, se aplica un coeficiente de reducción de pandeo lateral, k_{crit}, al diseño de resistencia a flexión de una viga de forma que la resistencia de la viga en los ELU, es decir su resistencia de diseño para pandeo, se obtendrá de $k_{crit} \times$ la resistencia al pandeo. El valor de k_{crit} a ser usado se da en la Tabla 22.(CEN, 2004)

Tabla 22.Valores de k_{crit} para vigas con una desviación inicial*

Valor de k_{crit}	Valor de la esbeltez relativa $\lambda_{\text{rel,m}}$
1	$\lambda_{\text{rel,m}} \leq 0.75$
1.56 -0.75 $\lambda_{\text{rel,m}}$	$0.75 < \lambda_{\text{rel,m}} \leq 1.4$
$1/\lambda^2_{\text{rel,m}}$	$1.4 < \lambda_{\text{rel,m}}$

*no mayor que los límites establecidos en EC5, 10.2.

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Cuando los efectos de la inestabilidad lateral pueden ocurrir en vigas, la desviación máxima inicial a la mitad de la longitud de la viga permitida en la *Sección 10,* del EC5, se limita a *l*/300 para madera sólida y *l*/500 para LVL (y madera laminada), donde *l* es la longitud de la viga en mm. Se considera que las reglas de diseño en EC5 para validación de resistencia toman en cuenta los efectos de esta imperfección.

Cuando $\lambda_{\text{rel,m}} \leq 0.75$, la resistencia de diseño será igual a la resistencia a flexión del miembro, como resultado se obtiene $k_{crit} = 1$. Para un comportamiento dentro del rango elástico lineal de la viga, es decir donde $\sigma_{\text{m,crit}}/f_{\text{m,k}} < 0.51$, la falla es solamente bajo pandeo y la resistencia de diseño será igual al esfuerzo de pandeo elástico. Para esta condición, k_{crit} se relaciona a la razón de esbeltez relativa como sigue:

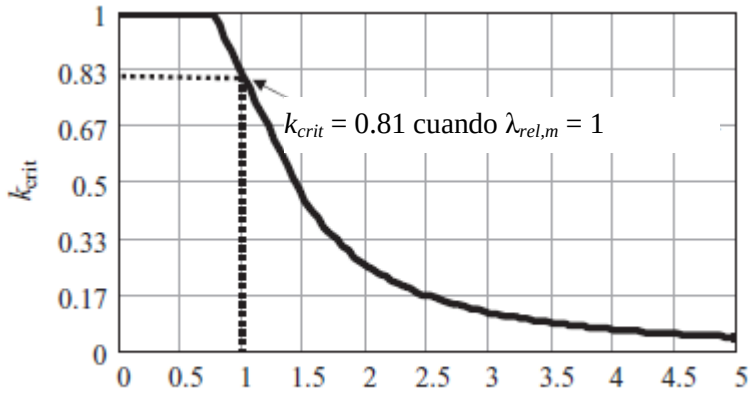
$$k_{crit} = \frac{1}{\lambda_{2rel,m}} = \sigma_{m,crit}/f_{m,k} \tag{6.11}$$

En el límite elástico, $\sigma_{m,crit}/f_{m,k} = 0.51$ y cuando esto se aplica a la ecuación (6.10) $\lambda_{\text{rel,m}} = 1.4$. La relación en la ecuación (6.11) aplica para todos los valores de $\lambda_{\text{rel,m}} \geq 1.4$.La Ecuación (6.10) proporciona la resistencia a pandeo de la viga que es perfectamente recta; no obstante, cualquier desviación de la rectitud resultara en una resistencia que es menor que el valor obtenido en esta ecuación. Al limitar el de la viga a los valores máximos de desviación a los valores dados en el EC5, se debe entender que el EC5 considera que la resistencia al pandeo obtenida de la ecuación (6.11) será aún aceptable para propósitos de diseño.(Porteous & Kermany, 2007)

Cuando $\lambda_{\text{rel,m}}$ está entre 0.75 y 1.4 se adopta una relación lineal de transición, reduciendo la resistencia a flexión del material, cuando $\lambda_{\text{rel,m}} = 0.75$, para el cual $k_{\text{crit}} = 1$, a la resistencia critica elástica cuando $\lambda_{\text{rel,m}} = 0.14$, para el cual $k_{\text{crit}} = 1$, como sigue:

$$k_{\text{crit}} = 1.56 - 0.75 * \lambda_{\text{rel,m}} \tag{6.12}$$

Figura 20. Valor de k_{crit} para diferentes valores de $\lambda_{\mathrm{rel,m}}$



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

El efecto de la desviación también es relevante dentro de este intervalo de esbeltez relativa sin embargo, la adopción de un comportamiento lineal como se define en la ecuación (6.12) es un enfoque conservador y compensará el efecto de reducción de resistencia debida a esta imperfección.

En la Figura 20 se traza una representación gráfica de k_{crit} contra la razón de esbeltez relativa para flexión, $\lambda_{\mathrm{rel,m}}$.Para demostrar que el pandeo lateral de la viga no ocurrirá, el esfuerzo de pandeo en la viga debe ser menor que o igual a la resistencia de pandeo reducida, es decir

$$\sigma_{\mathrm{m,d}} \leq k_{\mathrm{crit}} f_{\mathrm{m,d}} \tag{6.13}$$

(*Ecuación (6.33) el EC5*)

donde

- $\sigma_{\mathrm{m,d}}$ es el esfuerzo de flexión de diseño (el momento en la sección dividido por el módulo de sección)
- $f_{\mathrm{m,d}}$ es la resistencia de flexión de diseño
- k_{crit} es el factor que toma en cuenta la reducción de resistencia a flexión debida al pandeo torsional lateral.

La resistencia al pandeo derivada de la resistencia al pandeo característica de acuerdo a la ecuación (6.5), es decir

$$f_{\mathrm{m},y/z,\mathrm{d}} = \frac{k_{mod} \cdot k_{sis} \cdot (k_h \cdot f_{m,k})}{\gamma_M} \tag{6.5}$$

Consecuentemente, para flexión sobre el eje y-y la resistencia reducida al pandeo puede ser reescrita como:

$$k_{crit} \cdot f_{\mathrm{m},y,\mathrm{d}} = \frac{k_{mod} \cdot k_{sis} \cdot k_h}{\gamma_M} (k_{crit} \cdot f_{m,k}) \qquad (6.14)$$

Conociendo la razón de esbeltez relativa, el valor de $k_{crit}\times$ la resistencia de flexión característica puede obtenerse mediante calculo o, para las especies de madera blanda listadas en BS EN338:2003 (E) [2], pueden obtenerse de la Tabla 23.

En la Tabla 23, los valores de $k_{crit}\times$ la resistencia a flexión característica se dan para vigas con razones de esbeltez entre 0.75 y 3.0, los cuales deberían cubrir el rango de los diseños comúnmente utilizados en la práctica. Para una clase de resistencia de la madera, la resistencia a flexión reducida para una razón de esbeltez relativa es el valor dado en la columna que contiene la clase de resistencia del material, por ejemplo para una clase de resistencia viga rectangular de madera C18 con una razón de rigidez de 2, el valor de $k_{crit}\times$ la resistencia a flexión característica es 4.5 N/mm2. En valores intermedios de razones de esbeltez relativa, el resultado se obtiene interpolando linealmente los valores en la tabla sobre y bajo el valor requerido.

Tabla23.Valor de k_{crit} × la resistencia a flexión característica*

Clase de Servicio Resistencia de flexión característica (N/mm2)		C27 27	C30 30	C35 35	C40 40	C45 45	C50 50
Radio de rigidez relativa para pandeo, λrel,m	Value of k_{crit}	$k_{crit} \times f_{m,k}$ (N/mm^2)	$k_{crit} \times f_{m,k}$ (N/mm^2)	$k_{crit} \times f_{m,k}$ (N/mm^2)	$k_{crit} \times f_{m,k}$ (N/mm^2)	$k_{crit} \times f_{m,k}$ (N/mm^2)	$k_{crit} \times f_{m,k}$ (N/mm^2)
Sobre 0.75	1.0	27	30	35	40	45	50
0.8	0.960	25.920	28.800	33.600	38.400	43.200	48.000
0.85	0.923	24.908	27.675	32.288	36.900	41.513	46.125
0.9	0.885	23.895	26.550	30.975	35.400	39.825	44.250
0.95	0.848	22.883	25.425	29.663	33.900	38.138	42.375
1.0	0.810	21.870	24.300	28.350	32.400	36.450	40.500
1.1	0.735	19.845	22.050	25.725	29.400	33.075	36.750
1.2	0.660	17.820	19.800	23.100	26.400	29.700	33.000
1.3	0.585	15.795	17.550	20.475	23.400	26.325	29.250
1.4	0.510	13.770	15.300	17.850	20.400	22.950	25.500
1.5	0.444	12.000	13.333	15.556	17.778	20.000	22.222
1.6	0.391	10.547	11.719	13.672	15.625	17.578	19.531
1.7	0.346	9.343	10.381	12.111	13.841	15.571	17.301
1.8	0.309	8.333	9.259	10.802	12.346	13.889	15.432
1.9	0.277	7.479	8.310	9.695	11.080	12.465	13.850
2.0	0.250	6.750	7.500	8.750	10.000	11.250	12.500
2.1	0.227	6.122	6.803	7.937	9.070	10.204	11.338
2.2	0.207	5.579	6.198	7.231	8.264	9.298	10.331
2.3	0.189	5.104	5.671	6.616	7.561	8.507	9.452
2.4	0.174	4.688	5.208	6.076	6.944	7.813	8.681
2.5	0.160	4.320	4.800	5.600	6.400	7.200	8.000
2.6	0.148	3.994	4.438	5.178	5.917	6.657	7.396
2.7	0.137	3.704	4.115	4.801	5.487	6.173	6.859
2.8	0.128	3.444	3.827	4.464	5.102	5.740	6.378
2.9	0.119	3.210	3.567	4.162	4.756	5.351	5.945
3.0	0.111	3.000	3.333	3.889	4.444	5.000	5.556

Continuación Tabla 23.Valor de k_{crit} × la resistencia a flexión característica*

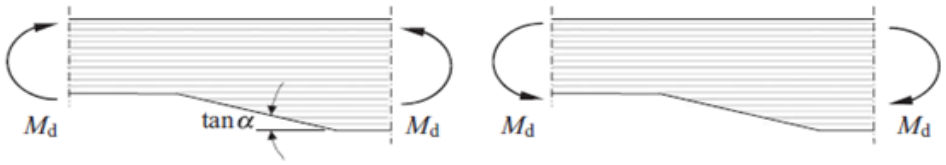
Clase de Servicio		C14	C16	C18	C20	C22	C24
Resistencia de flexión característica (N/mm2)		14	16	18	20	22	24
Radio de rigidez relativa para pandeo, λrel,m	Value of k_{crit}	$k_{crit} \times f_{m,k}$ (N/mm^2)	$k_{crit} \times f_{m,k}$ (N/mm^2)	$k_{crit} \times f_{m,k}$ (N/mm^2)	$k_{crit} \times f_{m,k}$ (N/mm^2)	$k_{crit} \times f_{m,k}$ (N/mm^2)	$k_{crit} \times f_{m,k}$ (N/mm^2)
Sobre 0.75	1.0	14	16	18	20	22	24
0.8	0.960	13.440	15.360	17.280	19.200	21.120	23.040
0.85	0.923	12.915	14.760	16.605	18.45	20.295	22.140
0.9	0.885	12.390	14.160	15.930	17.700	19.470	21.240
0.95	0.848	11.865	13.560	15.255	16.950	18.645	20.340
1.0	0.810	11.340	12.960	14.580	16.200	17.820	19.440
1.1	0.735	10.290	11.760	13.230	14.700	16.170	17.640
1.2	0.660	9.240	10.560	11.880	13.200	14.520	15.840
1.3	0.585	8.190	9.360	10.530	11.700	12.870	14.040
1.4	0.510	7.140	8.160	9.180	10.200	11.220	12.240
1.5	0.444	6.222	7.111	8.000	8.889	9.778	10.667
1.6	0.391	5.469	6.250	7.031	7.813	8.594	9.375
1.7	0.346	4.844	5.536	6.228	6.920	7.612	8.304
1.8	0.309	4.321	4.938	5.556	6.173	6.790	7.407
1.9	0.277	3.878	4.432	4.986	5.540	6.094	6.648
2.0	0.250	3.500	4.000	4.500	5.000	5.500	6.000
2.1	0.227	3.175	3.628	4.082	4.535	4.989	5.442
2.2	0.207	2.893	3.306	3.719	4.132	4.545	4.959
2.3	0.189	2.647	3.025	3.403	3.781	4.159	4.537
2.4	0.174	2.431	2.778	3.125	3.472	3.819	4.167
2.5	0.160	2.240	2.560	2.880	3.200	3.520	3.840
2.6	0.148	2.071	2.367	2.663	2.959	3.254	3.550
2.7	0.137	1.920	2.195	2.469	2.743	3.018	3.292
2.8	0.128	1.786	2.041	2.296	2.551	2.806	3.061
2.9	0.119	1.665	1.902	2.140	2.378	2.616	2.854
3.0	0.111	1.556	1.778	2.000	2.222	2.444	2.667

*tabulada contra razón de esbeltez relativa para flexión, λrel,m, para todas las clases de resistencia.

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

La restricción lateral puede ser provista al bloquear o riostrar la viga en una posición a lo largo de su longitud, como se ilustra en la Figura 20, y para estas situaciones la longitud efectiva estará basada en la longitud de la viga entre las posiciones del bloqueo/riostra. En caso de que la viga esté soportada lateralmente a lo largo de la longitud de su ala a compresión, por ejemplo debido a la estructura de piso asegurada al ala a compresión, y la viga está relativamente rigidizada a través de su peralte (por ejemplo una viga de madera estructural solida), puede considerarse que está totalmente restringida y k_{cri} será la unidad. La restricción lateral debe proveer una resistencia adecuada y rigidez a la viga, la orientación sobre estos requerimientos se dan en el Capítulo 11.(Legrand, 2008)

Figura 21. Sección con muescas sujeta a flexión

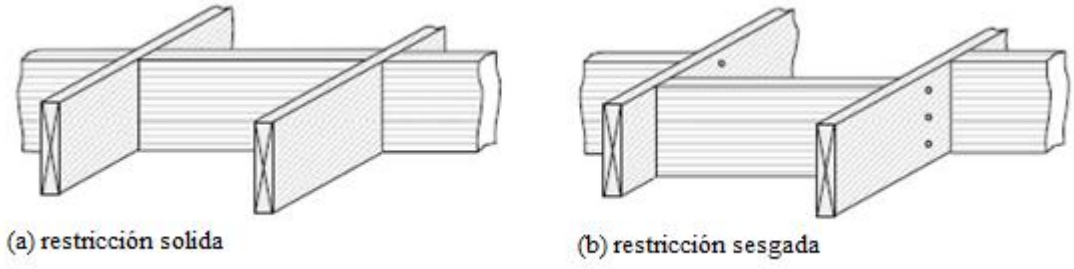


(a) Esfuerzo de tensión en la muesca

(b) Esfuerzo de compresión en la muesca

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Figura 22. Ejemplos de la provisión de soporte lateral.



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

6.5.1.3 Flexión de miembros con muescas. Cuando los miembros tienen muescas, la concentración de esfuerzos puede aumentar en la posición de la muesca y, dependiendo de las condiciones de esfuerzo, los efectos deben tomarse en cuenta en el diseño.

Para miembros que tengan una muesca y estén sujetos a flexión, como se establece en EC5, 6.5.1(2), los efectos de la concentración de esfuerzos pueden ser ignorados cuando:

(i) La flexión resulte en esfuerzos a tensión en la muesca y la pendiente en la muesca sea menor que 1:10, es decir $\tan\alpha \leqslant 0.1$ (vea la Figura 22 inciso (a)).

(ii) La flexión resulte en esfuerzos de compresión en la muesca (vea la Figura 22 inciso (b)).

Cuando la viga tenga una sección rectangular, su veta se dirige esencialmente paralelo a la longitud del miembro y haya una muesca en el soporte, el efecto de la concentración de esfuerzos puede tomarse en cuenta, esto se considera en 6.5.2.1.

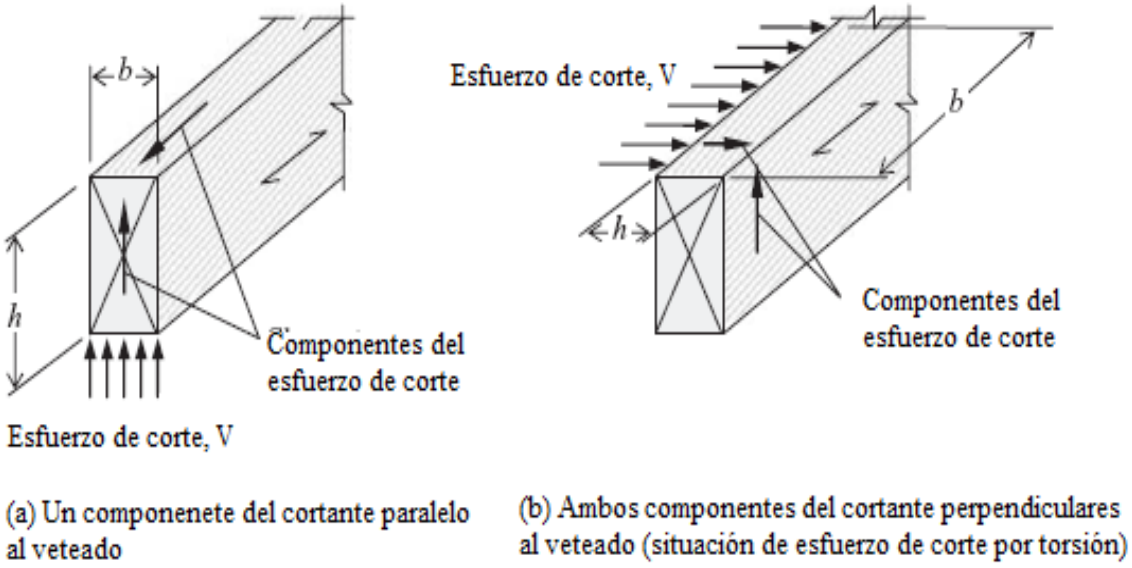
6.5.2 Corte. Cuando una viga se carga lateralmente se encuentra sujeta a flexión, aparecerán también esfuerzos de corte. De acuerdo a la teoría de flexión elástica los esfuerzos de corte que se generan son paralelos al eje longitudinal a la viga y, para alcanzar el equilibrio, se generan esfuerzos con valores iguales en la viga los cuales son perpendiculares al eje longitudinal mostrado en la Figura 23 inciso (a). (CEN, 2004)

El valor del esfuerzo de corte a cualquier nivel en la sección transversal de una viga, como se derivo de la teoría elástica, es

$$\tau = VS/Ib \qquad (6.15)$$

Donde **τ** es el esfuerzo de corte en el nivel requerido, V es la fuerza de corte en la posición siendo considera, S es el primer momento del área sobre el nivel del esfuerzo de corte alrededor del eje neutro, I es el segundo momento de área transversal sobre el eje neutro, b es el ancho de la sección transversal al nivel de esfuerzo de corte.(CEN, 2004)

Figura 23. Componentes del esfuerzo de corte en un miembro



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

En cualquier posición a lo largo de la viga el esfuerzo de corte en la cara superior e inferior de la sección transversal será cero y el máximo esfuerzo de corte incrementará en la posición del eje neutro. Para una sección rectangular de ancho *b* y altura *h* el esfuerzo máximo de corte ocurrirá en la mitad de la altura y será:

$$\tau = 3V/2bh \tag{6.16}$$

El estado límite para diseño por corte es el ELU y el requerimiento en EC5 es que para corte con un componente de esfuerzo paralelo a la veta o donde ambos componentes de esfuerzo de corte sean perpendiculares a la veta (por ejemplo corte por torsión), como se muestra en la Figura23 inciso (b),

$$\tau \leq f_{v,d}$$

Donde $f_{v,d}$ es la resistencia de corte de diseño para la condición siendo investigada, como en la Figura23 inciso (a) o (b).

Cuando se deriva la resistencia de corte de un miembro sujeto a flexión, en el EC5 se asume que no se toma en cuenta la influencia de grietas en los miembros.

6.5.2.1 Esfuerzo de corte para un esfuerzo paralelo a la veta. Para una viga de sección transversal rectangular de ancho b y altura h con un componente de esfuerzo de corte paralelo a la veta, como la que se muestra en la Figura 23 inciso (a), el requerimiento de validación para el esfuerzo de corte, τ_d, será como sigue:

(a) Para una viga sin muesca (como se muestra en la 24 inciso (a)):

$$\tau_d = 3V_d/2bh \tag{6.16}$$

$$\tau_d \leq f_{v,d} \tag{6.17}$$

(EC5, ecuación (6.13))

(b) Para vigas con muescas en el lado opuesto del soportes (como se muestra en la Figura 24 inciso (b)):

$$\tau_d = 3V_d/2bV_{ef} \tag{6.16a}$$

$$\tau_d = k_v f_{v,d} \tag{6.17a}$$

(EC5, ecuación (6.60))

(c) Para vigas con una muesca en el mismo lado del soporte (como se muestra en la Figura 24 inciso (c)):

$$\tau_d = 3V_d/2bV_{ef} \tag{6.16a}$$

$$\tau_d = k_v f_{v,d} \tag{6.17a}$$

(EC5, ecuación (6.60))

En los casos mostrados arriba,

- V_d es la fuerza de diseño de corte que actúa sobre la viga. Cuando se determina la fuerza de diseño de corte, se puede ignorar la contribución hecha por cualquier carga que actúa en la cara superior de la viga sin una muesca y dentro de una distancia *h* desde el borde del soporte debido al efecto del esfuerzo de corte por torsión (Figura 24 inciso (a)).

Esto también se aplica a vigas con muesca en el lado opuesto del soporte donde la contribución dentro de una distanciah_{ef}del borde puede ser ignorada. No se permite reducción cuando la muesca está en el mismo lado del soporte (Figura 24).

- $f_{\mathrm{v,d}}$ es la resistencia a corte de diseño y se define como

$$f_{\mathrm{v,d}} = k_{\mathrm{mod}} k_{\mathrm{sis}} f_{\mathrm{v,k}} / \lambda_{\mathrm{M}} \tag{6.18}$$

Donde

- $k_{\mathrm{mod}}, k_{\mathrm{sis}}, \lambda_{\mathrm{M}}$ se describen en la Sección 6.5.1.
- $f_{\mathrm{v,k}}$ es el esfuerzo de corte característico. La resistencia se basa en la resistencia de corte paralela a la veta (como esta es más pequeña que la resistencia de corte perpendicular a la veta) y para maderas blandas se ha derivado generalmente de la resistencia a flexión de las especies, siendo el mínimo de 3.8 N/mm^2 o $0.2(f_{m.k})^{0.8}$,, donde $f_{m.k}$ es la resistencia a flexión característica de la madera.

  Los valores para la resistencia a corte de la madera y productos estructurales basados en la madera se dan en el Capítulo 4.
- k_{v} es el coeficiente que toma en cuenta el efecto de la muesca en la viga.Para vigas con una muesca, el EC5, 6.5.2, requiere lo siguiente: cuando la muesca este en el lado opuesto del soporte (vea la Figura 24 inciso (b)), $k_{\mathrm{v}} = 1.0$; cuando la muesca del mismo lado que el apoyo (vea la Figura 25), k_{v} es el menor de:

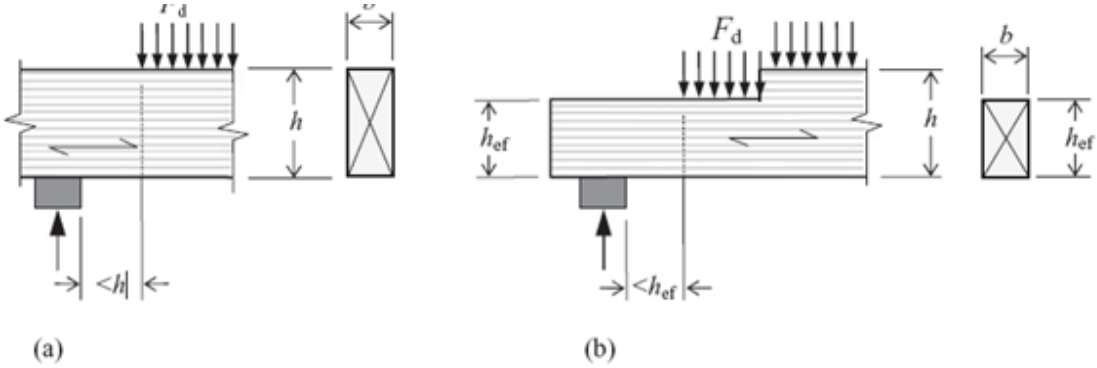
$$k_{\mathrm{v}} = \frac{k_{\mathrm{n}}\left(1+\frac{1.1\mathrm{i}^{1.5}}{\sqrt{\mathrm{h}}}\right)}{\sqrt{\mathrm{h}}\left(\sqrt{\alpha(1-\alpha)}+0.8\left(\frac{\mathrm{x}}{\mathrm{h}}\right)\sqrt{(1-\alpha)-\alpha^2}\right.} \text{ y } k_{\mathrm{v}} = 1 \tag{6.19}$$

Donde:

- *I* es la inclinación de la muesca y es 0 para muescas de ángulos rectos
- *h* es el altura de la viga en mm.
- *x* es la distancia desde el centroide de la reacción del soporte hacia la arista de la muesca en mm
- k_{v} es el coeficiente igual a 3.5 para LVL, 5.0 para madera solida (6.5 para madera laminada):

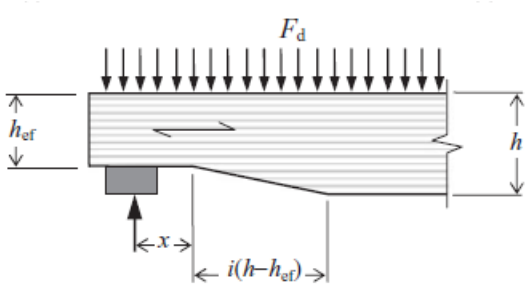
$$\alpha = h_{ef}/h$$

Figura 24. Viga rectangular, en el soporte: (a) sin muesca, (b) con muesca



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Figura 25. Viga con una muesca en el extremo.



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Ejemplo 6.2

Determine si la viga del Ejemplo 6.1 cumplirá con los requerimientos de diseño del EC5 para flexión.

Solución:

1) **Propiedades de la madera estructural**

Resistencia de corte característica, $f_{v,k} = 2.5\text{N/mm}^2$

2) Coeficientes de modificación

Coeficiente de reducción para la muesca, k_v (ecuación (6.19)

Coeficiente de corte para la madera sólida $k_{n=}$ 5 $\text{mm}^{0.5}$

Coeficiente de reducción para vigas con muescas

$$k_{\mathrm{v}} = \min\left[1, \frac{k_{\mathrm{n}}\left(1+\frac{1.1\mathrm{i}^{1.5}}{\sqrt{\mathrm{h}}}\right)}{\sqrt{\mathrm{h}}\left(\sqrt{\alpha(1-\alpha)}+0.8\left(\frac{\mathrm{x}}{\mathrm{h}}\right)\sqrt{(1-\alpha)-\alpha^2}\right.}\right]$$

$$k_{\mathrm{v}} = \min\left[1, \frac{5\ \mathrm{mm}^{0.5}\left(1+\frac{1.1*0^{1.5}}{\sqrt{250\ \mathrm{mm}}}\right)}{\sqrt{250\ \mathrm{mm}}\left(\sqrt{0.94(1-0.94)}+0.8\left(\frac{150\mathrm{mm}}{250\ \mathrm{mm}}\right)\sqrt{(1-0.94)-0.94^2}\right.}\right]$$

$$= 0.71$$

3) Resistencia al corte

De igual forma que con la nota 1 del Ejemplo 6.1, el valor de diseño de la fuerza de corte de diseño, V_{d}:

$$V_{\mathrm{d}} = \frac{F_{d.p}}{2} * F_{d.cud} * \frac{l}{2} * F_{d.cud} * \frac{l}{2} * F_{d.p,pesp} * \frac{l}{2}$$

$$V_{\mathrm{d}} = \frac{1.35\ \mathrm{kN}}{2} * \left(1.35\frac{\mathrm{kN}}{\mathrm{m}} * 1.35\frac{\mathrm{kN}}{\mathrm{m}} * 0.085\frac{\mathrm{kN}}{\mathrm{m}}\right) * \frac{3.185\ m}{2} \quad V_{\mathrm{d}} = 8.92\ \mathrm{kN}$$

Esfuerzo de corte de diseño (ecuación 6.16)

$$\tau_{\mathrm{v,d}} = \frac{3}{2} * \frac{V_d}{\mathrm{b} * h_{ef}} = \frac{8.92\ \mathrm{kN}}{60\ \mathrm{mm} * 235\ \mathrm{mm}} \qquad \tau_{\mathrm{v,d}} = 0.95\ \mathrm{N/mm^2}$$

Resistencia al cortante de diseño (ecuación 6.18)

$$f_{\mathrm{v,d}} = \frac{k_{\mathrm{mod,med}} \cdot k_{\mathrm{sIs}} \cdot f_{\mathrm{v,k}}}{\gamma_{\mathrm{M}}} = \frac{0.8 \cdot 1.0 \cdot 2.5\mathrm{N/mm2}}{1.3} \qquad f_{\mathrm{v,d}} = 1.54\ \mathrm{N/mm^2}$$

Resistencia al cortante de diseño, tomando en cuenta el efecto de muesca, (ecuación 6.17a)

$$k_{\mathrm{v}} * f_{\mathrm{v,d}} = 0.71 * 1.54\ \mathrm{N/mm2} = 1.05\ \mathrm{N/mm^2}$$

La resistencia al cortante es aceptable

6.5.2.2 Esfuerzo de corte para ambos componentes de esfuerzo perpendiculares a la veta (corte por torsión). Para una sección rectangular con ambos componentes de esfuerzo de corte perpendiculares a la veta, cuando la fuerza de corte de diseño, V_d, se aplica sobre la longitud b, como se muestra en la Figura 26, el requerimiento de validación para el esfuerzo de corte de diseño, τ_{d}, es:

$$\tau_d = 3V_d/2bh \tag{6.20}$$

$$\tau_d \leq f_{\mathrm{v,d}} \tag{6.17}$$

Donde

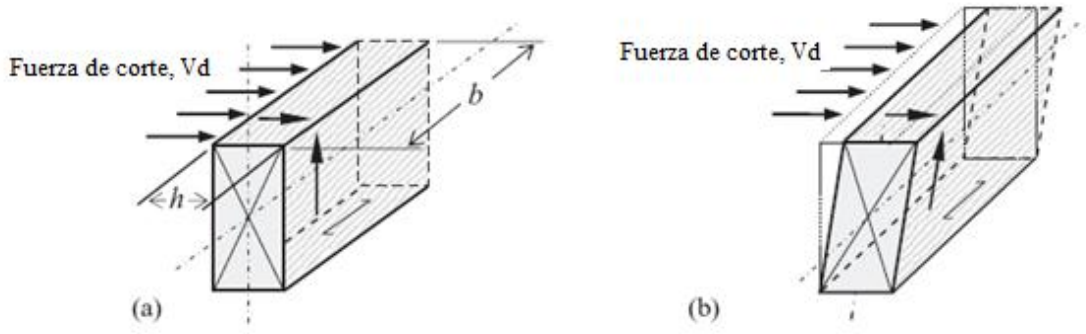
- τ_{d}es el esfuerzo de corte de diseño

- $f_{v,d}$ es el la resistencia a corte de diseño del miembro y se define como

$$f_{\mathrm{v,d}} = k_{\mathrm{mod}} k_{\mathrm{sis}} f_{\mathrm{v,k}} / \lambda_{\mathrm{M}} \tag{6.21}$$

Donde $k_{\mathrm{mod}}, k_{\mathrm{sis}}, \lambda_{\mathrm{M}}$ se describen en 6.5.1.1 y $f_{\mathrm{v,k}}$ es la resistencia de corte característica basada en la resistencia a corte a través de la veta (la resistencia de corte por torsión). La resistencia de corte por torsión, también llamada resistencia de corte planar, es aproximadamente igual a dos veces la resistencia de tensión perpendicular a la veta. En el Capítulo 4se dan los valores de la madera estructural y productos estructurales basados en madera.

Figura 26. **(a) Situación de corte por torsión, (b) Sección deformada.**



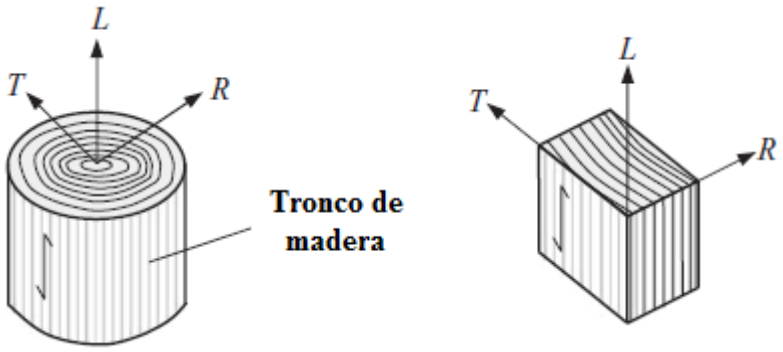
Esfuerzo de corte con ambas componentes de esfuerzo perpendiculares a la veta (condición de corte por torsión). Fuente: Porteous & Kermani, 2007

6.5.3 Esfuerzo de soporte (compresión perpendicular a la veta). Aunque la madera es un material anisótropo, cuando se usa para propósitos estructurales se asume que es ortotrópico. Esto significa que se asume que tiene propiedades direccionales en tres ejes mutualmente perpendiculares (ortogonales).Los tres ejes ortogonales se alinean con la dirección de la veta (L), la dirección radial (R) y la dirección tangencial (T) como se muestra en las figura 27 incisos (a) y (b).(Legrand, 2008)

Las propiedades de la madera a lo largo de la dirección del eje L se conocen como propiedades paralelas a la veta. Debido a la dirección de su estructura celular, las propiedades asociadas con este eje son considerablemente más resistentes y rígidas que las propiedades equivalentes con el eje R y T. Cuando se carga en las direcciones de R o T. la estructura celular se comprime en sus direcciones más débiles y aunque los valores de las propiedades respectivas en cada dirección no son los mismos, las diferencias son pequeñas y para los propósitos de diseño prácticos estas propiedades son tratadas como un grupo. Las propiedades en las direcciones R y T son referidas como propiedades perpendiculares a la veta. (Legrand, 2008)

En el EC5 los símbolos usados para las propiedades de resistencia a compresión, cuando la orientación de la veta es paralela o perpendicular son como se muestra a continuación:

Figura 27. Ejes principales de la madera. (a) tronco (b) cubo de madera.



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

- $\Sigma_{c,0,k}$: Resistencia a compresión característica paralela a la veta.
- $\Sigma_{c,90,k}$: Resistencia a compresión característica perpendicular a la veta.

Los subíndices:

- c (o t) se refiere al tipo de esfuerzo (c – de compresión; t – para tensión)
- 0 (o 90) se refiere a la dirección del esfuerzo aplicado relativo a la dirección de la veta (0 – paralelo a la dirección de la veta; 90 – perpendicular a la dirección de la veta).
- k (o d) se refiere a la naturaleza del esfuerzo (k – esfuerzo característico; d – esfuerzo de diseño).

Cuando la madera estructural se comprime perpendicularmente a la veta, sus fibras, que pueden ser comparadas en principio a un conjunto de tubos estrechos de pared delgada cargados lateralmente y que soportan el amento de carga a medida que se apiñan. A medida que empiezan a colapsar, la tasa de aumento de carga se reduce. Este comportamiento continúa hasta que las fibras están completamente aplastadas y a medida que la madera se deforma, más allá de esta etapa, la carga resistida continuará creciendo hasta que eventualmente la falla ocurra, usualmente por corte a través de la veta. La deformación en la madera puede exceder 30% y la falla podría no surgir aún. Para controlar las deformaciones y la condición de falla, el BS EN 1193[3] requiere que la resistencia a compresión de madera estructural perpendicular a la veta sea determinada usando una compensación de tensión de 1%. No obstante, cuando el ancho de apoyo se extiende

sobre todo el ancho del miembro, dependiendo de la posición del área de apoyo, la longitud de apoyo y la altura del miembro, este límite de deformación puede excederse y las reglas en EC5 permiten incrementar la resistencia de esfuerzo de apoyo a un factor de 4. En este valor, la deformación será del orden de 10% y el efecto del incremento asociado en la deformación en el soporte de la estructura debe tomarse en cuenta en el diseño. En la Figura 28 se muestran ejemplos de los efectos de fallas por esfuerzo de soporte.(CEN, 2004)

La condición que se debe cumplir para compresión perpendicular a la veta.

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} f_{c,90,d} \tag{6.22}$$

$\sigma_{c,90,d}$ es el fuerzo de compresión de diseño perpendicular al vetado $= V_d/bl$, donde

V_d es la fuerza de soporte de diseño,

b es el ancho de soporte, y

l es la longitud de soporte,

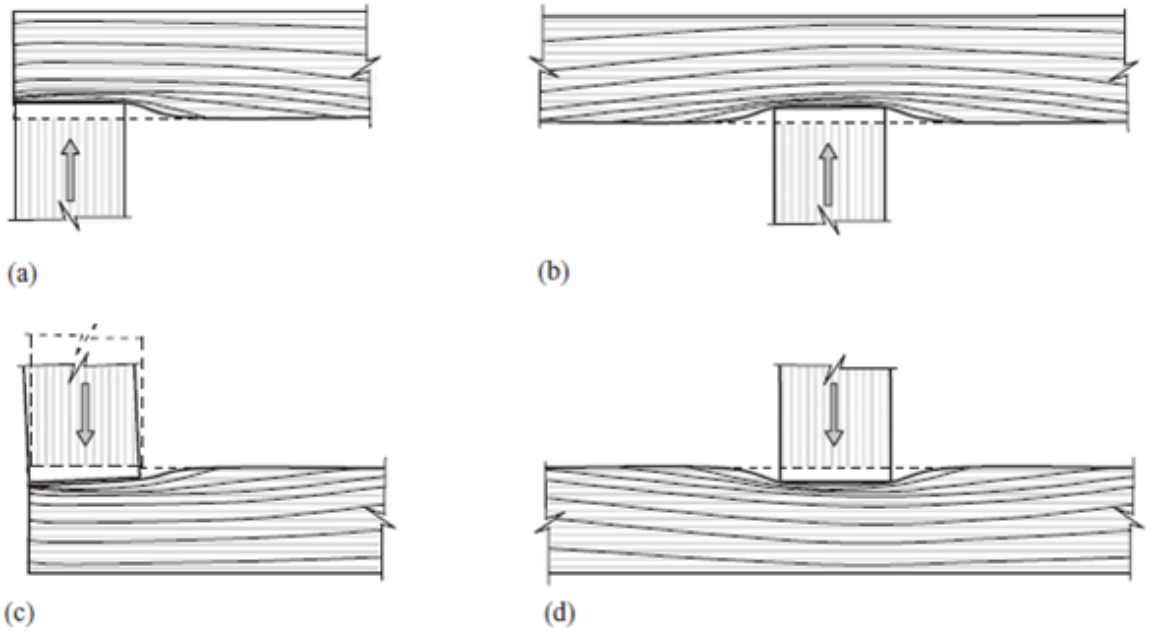
$f_{c,90,d}$es la resistencia a compresión de diseño perpendicular a la veta y se define como:

$$f_{c,\,90,\,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_{sis} \cdot f_{c,90,k}}{\gamma_M}$$

Donde $k_{mod} \cdot k_{sis}$, γ_M se definen como en 6.5.1.1 y$f_{c,90,k}$ es la resistencia a compresión característica perpendicular a la veta de la madera. Los valores de la resistencia a compresión de la madera estructural y productos basados en la madera se dan en el Capítulo 4.

$k_{c,90}$es un coeficiente que toma en cuenta la forma en que se aplica la carga, el riesgo de partidura de la madera y la deformación por tensión del miembro. El que se utiliza normalmente para $k_{c,90}$ es 1.0 pero se pueden adoptrar valores más altos si ciertas condiciones aplican. Cuando el contacto se extiende sobre todo el ancho del miembro, y las condiciones de soporte están de acuerdo con los requisitos dados en el EC5, el valor puede incrementarse a un máximo de 4.0, pero, como se estableció previamente, con este valor la deformación por compresión será aproximadamente 10% del peralte del miembro y debe ser tomada en cuenta en el diseño.

Figura 28. Falla por esfuerzo de soporte (compresión, perpendicular a la veta)



(a) esfuerzo de soporte bajo un extremo de la viga, (b) esfuerzo de soporte en un apoyo rígido a lo largo de la viga, (c) esfuerzo de soporte de una carga concentrada sobre el extremo.

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Para el caso en el que la viga de ancho *b* y peralte *h* se apoye sobre soportes aislados o cuando el miembro este soportado continuamente, el coeficiente se calcula como se describe en la siguiente sección. Otros tipos de condiciones de esfuerzo de apoyo se dan en EC5, *6.1.5.*

6.5.3.1 Esfuerzo de soporte cuando el miembro se apoya sobre soportes. Considere una viga que soportada como se muestra en la Figura 29:

(i) Cuando la distancia desde el extremo de la viga a la cara del soporte, *a*, es ≤h/3,

$$k_{c,90} = \left(2.38 - \frac{l}{250}\right)\left(1 + \frac{h}{12l}\right) \quad (6.24)$$

(EC5, ecuación (6.4))

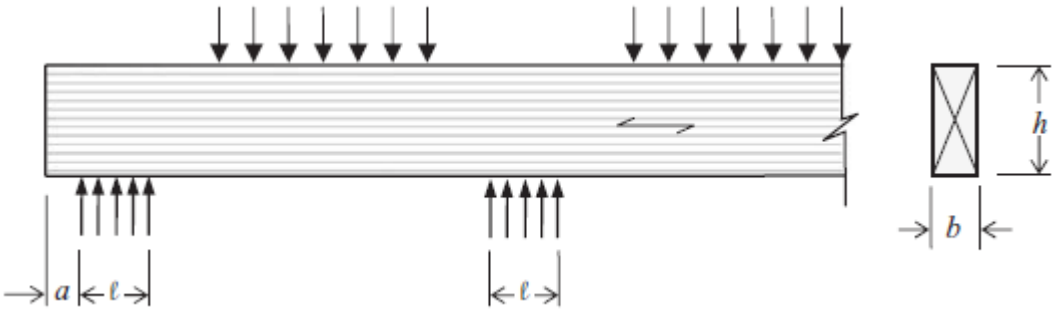
(ii) Cuando *a* > *h/3* y en soportes internos,

$$k_{c,90} = \left(2.38 - \frac{l}{250}\right)\left(1 + \frac{h}{6l}\right) \quad (6.25)$$

(EC5, ecuación (6.4))

Para otras condiciones de soporte los requerimientos se dan en EC5, 6.1.5(4) a 6.1.5(7), y algunas de las condiciones más comunes se cubren en la siguientes secciones.

Figura 29. Viga sobre soportes.



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

6.5.3.2 Esfuerzo de soporte cuando el miembro está apoya continuamente.

Para un miembro con soportes continuos a través de su longitud y a través de su ancho total y con una razón de h/b ≤ 2.5.

(i) Para un miembro carga con una fuerza de compresión concentrada que esta aplicada sobre su ancho completo *b*el cual se encuentra directamente sobre un soporte en la en la cara opuesta y adyacente al extremo del miembro como se muestra en la Figura 30 inciso (a),

$$k_{c,90} = \left(2.38 - \frac{l}{250}\right)(l_{ef}/l)^{0.5} \qquad (6.26)$$

Donde se asume que la línea de distribución de esfuerzo tiene una inclinación vertical de 1:3 sobre el peralte y debe tener una luz de $l_1/4$ de cualquier área comprimida adyacente como se muestra en la Figura 30 inciso (a). En la base,

$$l_{ef} = l + \frac{h}{3} \qquad (6.27)$$

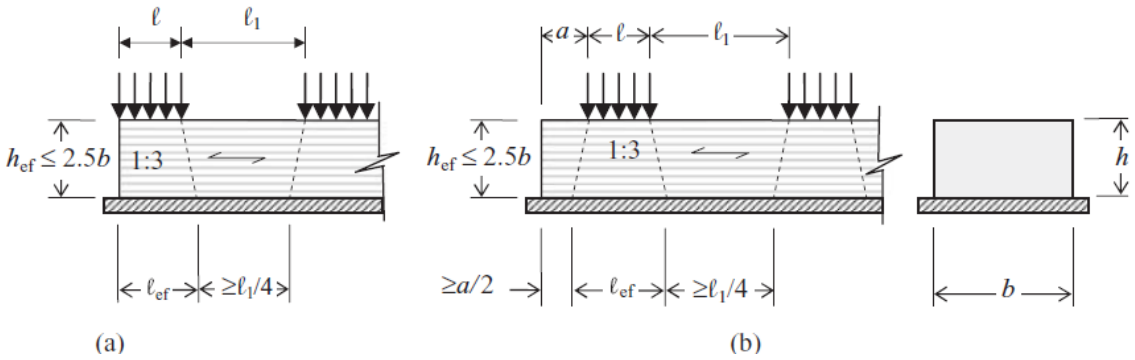
y cuando *h* sea a menor que 40 mm, se debe usar el valor de 40 mm.

(ii) Para un miembro con una fuerza de compresión concentrada aplicada sobre su ancho total *b* y el cual se encuentra directamente sobre un soporte continuo en la cara opuesta y a una distancia $a \geq 2/3h$ desde el extremo del miembro, como se muestra en la Figura 20 inciso (b), la condición establecida en 6.5.3.2(i) junto con la ecuación (6.26) aún será aplicable pero l_{ef} será como sigue:

$$l_{ef} = l + \frac{2h}{3} \qquad (6.28)$$

donde *h* el número mayor entre *h* y 40 mm.

Figura 30. Esfuerzo de soporte en una viga sobre un soporte continúo con h/b ≥ 2.5.



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Ejemplo 6.3

Determine si la viga del Ejemplo 6.1 cumplirá con los requerimientos de diseño del EC5 para esfuerzo de soporte.

1) **Propiedades de la madera estructural**

Resistencia de soporte (cizallamiento) característica, $f_{c,90,k} = 2.5$ N/mm^2

2) Coeficientes de modificación

Coeficiente de apoyo, $k_{c,90}$, utilizando la ecuación (6.24)

$$k1_{c,90} = \left(2.38 - \frac{l_b mm^{-1}}{250}\right)\left(1 + \frac{h_{ef}}{12 * l_b}\right) \qquad k1_{c,90} = 2.51$$

3) Resistencia esfuerzo de apoyo (o aplastamiento)

Con referencia a la nota 1 del Ejemplo 6.1, la fuerza de aplastamiento de diseño de la viga igualara a la fuerza de aplastamiento de diseño.

Esfuerzo de aplastamiento de diseño (ecuación (6.22))

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{V_d}{b * l_{sop}} = \frac{8.92\ \text{kN}}{60\ \text{mm} * 85\ \text{mm}} \qquad \sigma_{c,90,d} = 1.75\ \text{N/mm}^2$$

Resistencia de aplastamiento de diseño ecuaciones (6.22) y (6.23))

$$f_{c,90,d} = \frac{k_{mod,med} \cdot k_{sis} \cdot k_{c,90} \cdot f_{c,90,k}}{\gamma_M} \qquad f_{c,90,d} = 1.54\ \text{N/mm}^2$$

Debido a que la resistencia al aplastamiento es menor de la requerida se necesita usar un valor mayor de $k_{c,90}$, al adoptar un valor de $k1_{c,90} = 2.51$, se obtiene

$$f1_{c,90,d} = \frac{k_{mod,med} \cdot k_{sis} \cdot k1_{c,90} \cdot f_{c,90,k}}{\gamma_M} = \frac{0.8 * 1.0 * 2.51 * 2.5 N/mm^2}{1.3} = 3.78 \text{ N/mm}^2$$

Por lo que se necesita tener un incremento $\%_{incremento} = 8.3$ de $k_{c,90}$ para alcanzar un esfuerzo de aplastamiento aceptable.

6.5.4 Torsión. Cuando un miembro está sujeto a torsión, los esfuerzos de corte se generan a través de su sección y con base en la teoría elástica para secciones sólidas se puede demostrar que cuando el miembro está sujeto a momento torsional, T, el esfuerzo torsional máximo, $\boldsymbol{\tau}_{tor}$, y el ángulo de torsión por unidad de longitud del miembro, ϑ/l será como sigue:

Para una sección circular

$$\tau_{tor} = \frac{2T}{\pi * r^3} \tag{6.29}$$

$$\vartheta / l = \frac{2T}{\pi * r^4 G} \tag{6.30}$$

Donde r es el radio de la sección transversal del miembro y G es el módulo de corte del material.

Para una sección rectangular

$$\tau_{tor} = \frac{T}{k_2 h b^2} \tag{6.31}$$

$$\vartheta / l = \frac{2T}{k_1 h b^3 G} \tag{6.32}$$

donde *b* y *h* son las dimensiones de la sección transversal del miembro y *h* es la dimensión mayor. Las constantes k_1 y k_2 se dan en la Tabla 24 para varia relacione de *h/b*.

Para secciones rectangulares sólidas, donde $h/b \geq 1.5$, k_1 puede ser aproximada a:

$$k_1 = \left(1 - 0.63\left(\frac{b}{h}\right)\right) \tag{6.33}$$

y cuando $h/b \geq 1.5$, el coeficiente *k*, el cual es igual a k_1 / k_2 puede considerarse como la unidad. Debe notarse que a esta relación el esfuerzo de corte será sobreestimado por

aproximadamente 3.5% y cuando la relación es 5, la sobrestimación se habrá reducido efectivamente a 0.

El valor de k y k_1 se obtienen de la relación dada en la ecuación (6.34), derivada de las funciones en [4]:

$$k = 1 - 8/\pi^2 \sum_{n=1,3,5\ldots}^{\infty} 1/(n^2 \cosh(nh\pi/2b))$$

$$k_1 = 1/3(1 - \frac{192}{\pi^5} * \frac{b}{h} \sum_{n=1,3,5\ldots}^{\infty} 1/(n^2 \cosh\left(\frac{nh\pi}{2b}\right)) \quad (6.34)$$

Tabla24. Coeficientes de esfuerzo (k2) y rotación (k2)*

h/b	k	k_1	$k_2 = \frac{k_1}{k}$
1.0	0.675	0.1406	0.208
1.2	0.759	0.166	0.219
1.3	0.793	0.177	0.223
1.5	0.848	0.196	0.231
1.7	0.888	0.211	0.237
2.0	0.930	0.229	0.246
2.5	0.968	0.249	0.258
3.0	0.985	0.263	0.267
4.0	0.997	0.281	0.282
5.0	0.999	0.291	0.291
6.0	0.9999	0.298	0.298
8.0	1.000	0.307	0.307
10.0	1.000	0.312	0.312
∞	1.000	0.333	0.333

*basados en las ecuaciones de Timoshenko y Goodier

Fuente: Porteous & Kermany, 2007

La ecuación (6.32) se aplica cuando el miembro sea libre de rotar bajo el momento torsional aplicado, como es el caso con las estructuras estáticamente determinadas. Sin embargo, cuando se trata de estructuras estáticamente indeterminadas, dependiendo de la configuración del miembro dentro de la estructura, el detalle de la articulación del extremo, el efecto del comportamiento semirrígido en las conexiones, etc., la rotación del miembro puede ser menor que la derivada de la ecuación (6.32), y en tales casos el esfuerzo de torsión será menor que el esfuerzo obtenido de la ecuación (6.31).

El estado límite para la torsión es el ELU y el requerimiento de diseño de EC5, dado en su sección *6.1.8*, es:

$$\tau_{tor,d} = k_{forma} * f_{v,d} \quad (6.35)$$

(EC5, ecuación (6.14))

Donde $\boldsymbol{\tau}_{\text{tor,d}}$ es el esfuerzo torsional de diseño derivado de las ecuaciones (6.29) o (6.39) para secciones circulares y rectangulares, respectivamente, cuando se encuentran sujetas a un momento de diseño torsional T_d.

$f_{v,d}$es el la resistencia de corte de diseño como se definió en 6.5.2.1, es decir

$$f_{\text{v,d}} = k_{\text{mod}} k_{\text{sis}} f_{\text{v,k}} / \lambda_{\text{M}} \tag{6.18}$$

Donde los coeficientes son los que se describen la 5.5.2.1.

La resistencia de corte torsional es mayor que la resistencia de corte directa y esto se toma en cuenta en el EC5 aplicando el coeficiente de formak_{forma} para la resistencia de corte de diseño. El valor de este coeficiente se da en EC5, ecuación (6.15), como sigue:

Para secciones rectangulares $k_{\text{forma}} = 1.2$

Para secciones circulares $k_{\text{forma}} = \min(1 + 0.15\left(\frac{h}{b}\right), 2.0)$ (6.36)

- *h* es la dimensión mayor de la sección transversal
- *b* es la dimensión más pequeña.

6.5.5 Corte y torsión combinados. El EC5 solamente se refiere a miembros sujetos a corte o a torsión pero no a la combinación de ambos.

Cuando un miembro se encuentra sujeto a corte y torsión combinados, se combinarán los esfuerzos de corte directo y torsional respectivos y la sección debe ser diseñada para la condición de esfuerzo de corte máximo resultante. Se han hecho investigaciones limitadas sobre esta condición de esfuerzo combinado y usando la relación de resistencia torsional en la ecuación (6.35) se propone en el PASO 1[5] que se puede aplicar el siguiente criterio de falla:

$$\frac{\tau_{\text{tor,d}}}{k_{\text{forma}} f_{\text{v,d}}} + \left(\frac{\tau_{\text{v,d}}}{f_{\text{v,d}}}\right)^2 \leq 1 \tag{6.37}$$

Donde las funciones son como se describen en 6.5.2.1 y 6.5.4.

La ecuación (6.37) asume una redistribución de esfuerzo en el elemento, incrementando la resistencia de corte combinada de la sección. Como una alternativa se puede adoptar una

aproximación más conservadora en la cual los esfuerzos de corte respectivos y agregan linealmente y el criterio de falla será:

$$\frac{\tau_{tor,d}}{k_{forma} f_{v,d}} + \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1 \quad (6.38)$$

Los esfuerzos de corte torsional no interactuarán con flexión, compresión o esfuerzos de soporte y cuando actué en miembros también sujetos a dichos esfuerzos la condición de esfuerzo de corte torsional solamente necesita ser revisada para que cumpla con la ecuación (6.35).

6.6 Diseño para los estados límite de servicio (ELS)

En los ELS, los miembros deben demostrar que se comportan de manera satisfactoria cuando están en uso normal y los requerimientos primarios que se deben cumplir son la deflexión y el comportamiento de la vibración. Para estos estados, como se establece en 5.2.20 y 5.2.25, los coeficientes parciales para las acciones, γ_G y γ_Q, y el coeficiente parcial del material, γ_M, se toman como la unidad.

6.6.1 Deformación

6.6.1.1 Deformación debida a flexión y corte. El EC5 requiere que la deformación de una viga sea tal que las instalaciones que soporta sean capaz de funcionar como se diseñaron, que no hayan efectos visuales adversos, tampoco implicaciones estructurales (por ejemplo que no haya daños a los elementos no estructurales debido a las deformaciones) y los servicios deben funcionar satisfactoriamente,(CEN, 2004)

La deformación de una viga de madera estructura consta de varios componentes, los valores limitantes de estos componentes cuando está sujeta la carga de diseño de SLS se muestran en la Figura 31donde los símbolos usados en EC5 son los siguientes:

- $\omega_c$es la contra-flecha, donde se use
- ω_{inst} es la deformación instantánea; es decir la deformación que se permite inmediatamente bajo la acción de la carga de diseño.
- $\omega_{f,l}$ es la deformación de fluencia lenta; es decir la deformación que se permite que aparezca con el tiempo bajo la combinación de carga causando el comportamiento de fluencia lenta.
- ω_{fin} es la deformación final, es decir la combinación de deformación instantánea y de fluencia lenta.

- $s\omega$ $_{\text{neta,fin}}$ es la deformación final neta; es decir la deformación por debajo de la línea recta que une los soportes.

La deformación final neta puede ser escrita como

$$\omega_{net,fin} = \omega_{inst} + \omega_{fl} - \omega_c \quad (6.39)$$

$$\omega_{net,fin} = \omega_{inst} + \omega_{fl} \quad (6.40)$$

Tabla25.Orientación sobre los valores limitantes para deflexiones verticales

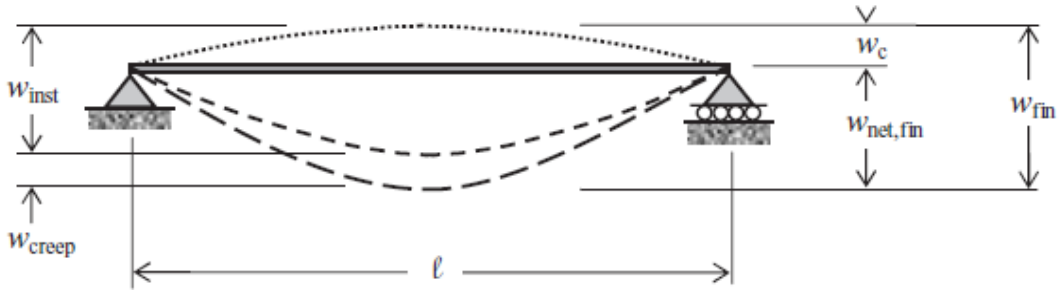
Documento	Elemento	ω_{inst}	ω_{fin}	$\omega_{net,fin}$
Tabla 7.2 del EC5	Viga sobre dos soportes	*l*/300 a *l*/500	*l*/150 a *l*/300	*l*/250 a *l*/350
	Viga en voladizo	*l*/150 a *l*/250	*l*/75 a *l*/150	*l*/125 a *l*/175
UKNA para EC5, *NA.2.5*				
Techo o miembros con sellos de yeso	Viga sobre dos soportes			*l*/250
	Viga en voladizo			*l*/125
Techo o miembros sin sellos de yeso	Viga sobre dos soportes			*l*/150
	Viga en voladizo			*l*/75

Valores dados en la Tabla 7.2 de EC5 y NA.2.5 del UKNA para el EC5.Nota: $E_{0,medio}$ es el módulo medio del material de la viga y es paralelo a la veta. (kN/mm2); $G_{0,medio}$ es el módulo de elasticidad medio (kN/mm2); *b* es el ancho del miembro (en mm); *h* es el peralte del miembro (mm) y *l* es la luz de diseño (en mm).

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Para evitar que ocurran daños inaceptables que surjan debido a deflexiones excesivas así como para satisfacer los requerimientos visuales y funcionales, las deflexiones deben ser especificadas para el proyecto y acordadas con el cliente. Los rangos recomendados para valores para las deflexiones de vigas simplemente apoyadas y voladizos se dan en *7.2(2)* de EC5 y los valores específicos se dan en *NA.2.5* del UKNA para EC5[6] para ω $_{\text{neta,fin}}$. En la Tabla 25 se da un sumario de estos requerimientos. (Porteous & Kermany, 2007)

Figura 31. Componentes de la deflexión (basado en la Figura 7.1 en EC5).



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

En el EC5, la carga de diseño usada para determinar los desplazamientos en los ELS se basan en la combinación característica de las acciones y se discute en 5.2.25.2. Con la combinación

característica de las acciones, el diseño se basa en un SLS irreversible, lo cual significa que las consecuencias de las acciones que exceden el ELS no pueden permanecer cuando las acciones se remueven. (CEN, 2004)

La terminología usada en el EC5 para describir el desplazamiento real en una estructura es la misma que se usa en la Figura 31 para el desplazamiento límite pero con la letra ω reemplazada por u. Los componentes de la deformación se describen en 5.3.2, y adoptando la aproximación del EC5 la deflexión instantánea (u_{inst}) y la deflexión final (u_{fin}) de un miembro estructura se obtendrá como sigue:(CEN, 2004)

(i) La deflexión instantánea u_{inst} de un miembro solido actuando solo se calcula utilizando la combinación de acciones (ecuación (5.24)), el valor medio apropiado del módulo de elasticidad paralelo a la veta$E_{0,medio}$y/o el valor medio del módulo de corte G_{medio}. La relación entre G_{medio} y $E_{0,medio}$ se toma como $G_{medio}= E_{0,medio}$ /16 para madera estructural y los valores de estas propiedades para madera y otros productos estructurales basados en la madera se dan el Capítulo 4.

(ii) La deformación final u_{fin} se obtienen combinando la deflexión instantánea deriva da de (i) y la deflexión de fluencia lenta, el método usado debe estar de acuerdo con los requerimientos de 5.3.4.1(b) en donde la estructura tiene un comportamiento elástico lineal y consiste en miembros, componentes y conexiones que tengan el mismo comportamiento de fluencia lenta o con 5.3.4.1(c) cuando no se dé este caso. Para el caso donde 5.3.4.1(b) aplique, y asumiendo que no se usa contra-flecha, como se estableció en 5.3.2, el desplazamiento final será como sigue.

Para acciones permanentes, G:

$$u_{fin,G} = u_{inst,G} + u_{fl,G} = u_{inst,G}(1 + k_{def}) \tag{6.41}$$

Para la acción variable principal Q_1:

$$u_{fin,Q,1} = u_{inst,Q,1} + u_{fl,Q,1} = u_{inst,Q,1}(1 + \psi_2 k_{def}) \tag{6.42}$$

Para acciones variables acompañantes, Q_i, donde i> 1:

$$u_{fin,Q,i} = u_{inst,Q,i} + u_{fl,Q,i} = u_{inst,Q,i}(1 + \psi_{2,i} k_{def}) \tag{6.43}$$

Y la condición final será:

$$u_{fin} = u_{fin.G} + u_{fin,Q,1} + \sum_{i=2}^{n} u_{fin,Q,i}$$

Donde las funciones y símbolos se describen en 5.2.14, 5.2.24 y 5.3.2.

La fluencia lenta en la madera aparece debido a los efectos combinados de duración de la carga, contenido de humedad, temperatura y nivel de esfuerzo. Siempre que la temperatura no exceda los 50°Cse puede ignorar la influencia de la temperatura en la fluencia lenta y cuando el nivel de esfuerzo en la madera está bajo las condiciones de los ELS también se ha comprobado que la tasa de fluencia lenta debido a este efecto se estabilizará. Por esta razón, la deformación de fluencia lenta causada por el contenido de humedad y los efectos de la duración de la carga derivada usando los coeficientes en EC5 es únicamente relevante para la condición de carga de los ELS.

A medida que la duración de la carga se extiende y también el contenido de humedad aumenta, la deformación por fluencia lenta de los elementos estructurales incrementará. A partir de resultados de pruebas de fluencia lenta se han derivado los valores de un coeficiente de deformación,k_{def} (el cual es un coeficiente que se usa en la determinación de la deformación por fluencia lenta) para la madera estructural y materiales basados en madera bajo las condiciones de la clase de servicio 1, 2 y 3. En la Tabla 18 se dan los valores de los coeficientes para la madera estructural y algunos productos basados en madera. La metodología usada para el cálculo de la deformación final de la estructural (o un elemento estructural) se explica en 5.3.2.(Porteous & Kermany, 2007)

Cuando un miembro está sujeto a flexión por fuerzas de corte, además de la deformación debido al efecto del momento de flexión se deformará también debido al efecto de las fuerzas de corte, y la importancia de la deformación de corte será principalmente una función de la razón entre el modulo de elasticidad $E_{0,\text{medio}}$ del miembro y su modulo de corte G_{medio}. Considere, por ejemplo, una viga rectangular simplemente soportada de peralte *h* y envergadura de diseño *l* soportando una carga puntual en la mitad de su longitud. La relación de la deflexión instantánea en su media longitud causada por las fuerzas de corte, $u_{inst,v}$, y la deformación instantánea en su media longitud causada por el momento de flexión, $u_{inst,m}$, será:

$$\frac{u_{inst,v}}{u_{inst,m}} = 1.2\frac{E_{0,medio}}{G_{medio}}\left(\frac{h^2}{l}\right) \qquad (6.45)$$

Para acero estructural, la relación $E_{0,medio}/G_{medio}$ es aproximadamente 2 y como consecuencia cuando se usan secciones normales en el diseño de acero, el efecto de la deformación por corte generalmente se ignora. Sin embargo, con madera estructural, *h/l* estará en el rango de 0.1 y 0.05 resultando en una deformación por corte entre 5 y 20% de valor por flexión. Como este es un porcentaje significativo, se debe tomar en cuenta el efecto de la deformación por corte cuando se diseñan estructuras de madera.

La deformación por corte puede expresarse en términos de la deflexión por flexión multiplicada por un coeficiente de amplificación por corte, y el valor de este coeficiente asociado a una viga rectangular simplemente apoyada de ancho *b*, peralte *h* y luz de diseño *l* se da en la Tabla 26 para algunos casos de carga estándar. La deflexión por corte y flexión combinados en la viga para el caso de carga seleccionado se obtiene multiplicando la deflexión por flexión por el coeficiente de amplificación de corte acompañante.

Tabla26.Deflexión por flexión y coeficientes de amplificación por corte*

Caso de carga (kN)	Deflexión por flexión (mm)	Coeficiente de amplificación por corte
Carga uniformemente distribuida (cud) igual a la carga total a lo largo de la longitud de vigas simplemente soportadas	A la mitad $= \frac{5Q\ell^3}{32E_{0,mean}b(h)^3}$	$\left(1+0.96\left(\frac{E_{0,mean}}{G_{0,mean}}\right)\left(\frac{h}{\ell}\right)^2\right)$
Carga puntual P a la mitad de la luz de la viga simplemente apoyada	A la mitad $= \frac{P}{4E_{0,mean}b}\left(\frac{\ell}{h}\right)^3$	$\left(1+1.20\left(\frac{E_{0,mean}}{G_{0,mean}}\right)\left(\frac{h}{\ell}\right)^2\right)$
Carga puntual P en el extremo de un voladizo	En el extremo del voladizo $= \frac{4P}{E_{0,mean}b}\left(\frac{\ell}{h}\right)^3$	$\left(1+0.3\left(\frac{E_{0,mean}}{G_{0,mean}}\right)\left(\frac{h}{\ell}\right)^2\right)$
Carga puntual P a un cuarto y a tres cuartos de la viga simplemente apoyada	En la mitad $= \frac{11P}{32E_{0,mean}b}\left(\frac{\ell}{h}\right)^3$	$\left(1+0.873\left(\frac{E_{0,mean}}{G_{0,mean}}\right)\left(\frac{h}{\ell}\right)^2\right)$
Carga puntual P a un cuarto, a la mitad y a tres cuartos de una viga simplemente apoyada	En la mitad $= \frac{19P}{32E_{0,mean}b}\left(\frac{\ell}{h}\right)^3$	$\left(1+1.011\left(\frac{E_{0,mean}}{G_{0,mean}}\right)\left(\frac{h}{\ell}\right)^2\right)$

*Para casos de carga estándar en vigas simplemente apoyadas o vigas en voladizo de sección transversal rectangular.Nota: $E_{0,medio}$ es el modulo medio del material de la viga y es paralelo a la veta. (kN/mm2); $G_{0,medio}$ es el modulo de elasticidad medio (kN/mm2); *b* es el ancho del miembro (en mm); *h* es el peralte del miembro (mm) y *l* es la luz de diseño (en mm).

Fuente:(Porteous & Kermani, 2007)

6.6.1.2 Deformación debido a la compresión sobre los apoyos.Cuando el coeficiente de esfuerzo de apoyo, $k_{c,90}$, referido en 6.5.3, es la unidad la deformación por esfuerzo de apoyo de un miembro será aproximadamente de 2-3% y la deflexión debido a la compresión del miembro en sus soportes en la condición de ELS se puede ignorar.Sin embargo, si en los ELUse requiere un gran valor de $k_{c,90}$ para alcanzar la resistencia de esfuerzo de apoyo, la

deformación podría ser tan alta como 10% y en tales casos la deformación adicional causada por la compresión en los lugares de apoyo debe tomarse en cuenta en el diseño para los ELS.

Ejemplo 6.4

Determine si la viga del Ejemplo 6.1 cumplirá con los requerimientos de diseño del EC5 para deflexión en los ELS.

1) **Propiedades de la madera estructural**

   Tabla 3, clase de resistencia C24 (BS EN 338:2003, *Tabla 1*):

   Módulode elasticidad medio paralelo a la veta $E_{0,medio} = 11$ kN/mm^2

   Módulo de corte medio, $G_{0,medio} = 0.69$ kN/mm^2

2) **Coeficientes parciales de seguridad**

   Coeficiente para el valor cuasi-permanentes de una acción variable (Tabla 10) $\psi_2 = 0.3$

3) **Coeficientes de modificación**

   Coeficiente de deformación para clase de servicio 2 (Tabla 18) $k_{\text{def}} = 0.8$

4) **Deflexión de la viga**

   Debido a que el coeficiente de esfuerzo de aplastamiento, $k_{c,90}$, ha exedido la unidad por un pequeño porcentaje, se puede ignorar la deflexion debido a los efectos del esfuerzo de soporte.

El valor en consideración para los ELS será el valor mayor relacionado al momento de flexión y fuerza de corte obtenidos de las posibles combinaciones de carga, en este ejemplo: (i) caso de carga (1)+(2)+(3); (ii) caso de carga (1)+(2)+(3)+(4) pero con los coeficientes parciales establecidos como 1. La combinación crítica será el caso de carga (ii) y se utiliza para determinar la deflexión. Se ha ignorado el efecto de la muesca en los extremos de la viga para el cálculo de la deflexión dado que es despreciable.

Deflexión debido a la flexión y efectos de cortante.

En los ELS el coeficiente parcial de seguridad es igual a 1. Se usara el valor promedio de la rigidez para calcular la deflexión instantánea y por fluencia lenta de la viga debido a que el miembro esta hecho de un material,

Deflexión instantánea bajo acciones permanentes (Tabla 26):

$$u_{\text{inst,puntual,G}} = \frac{1}{4} * \frac{\text{G}_{\text{k,p}}}{\text{E}_{\text{0,medio}} * \text{b} * \text{h}^3} * \text{l}^3 * \left[1 + 1.2 * \frac{\text{E}_{\text{0,medio}}}{\text{G}_{\text{0,medio}}} * \left(\frac{\text{h}}{\text{l}}\right)^2\right]$$

$$u_{\text{inst},cud,\text{G}} = \frac{5}{32} * \frac{\text{G}_{\text{k,pesop}} + \text{G}_{\text{k,cud}}}{\text{E}_{\text{0,medio}} * \text{b} * \text{h}^3} * \text{l}^4 * \left[1 + 0.96 * \frac{\text{E}_{\text{0,medio}}}{\text{G}_{\text{0,medio}}} * \left(\frac{\text{h}}{\text{l}}\right)^2\right]$$

$$u_{\text{inst,puntual,G}} = \frac{1}{4} * \frac{1.0\ \text{kN}}{11\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} * 60\ \text{mm} * 250\ \text{mm}^3} * 3.185\ \text{m}^3 * \left[1 + 1.2 * \frac{11\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}}{0.69\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}} * \left(\frac{250\ \text{mm}}{3.185\ \text{m}}\right)^2\right]$$

$$u_{\text{inst},cud,\text{G}} = \frac{5}{32} * \frac{0.063\frac{\text{kN}}{\text{m}} + 1.0\frac{\text{kN}}{\text{m}}}{11\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} * 60\ \text{mm} * 250\ \text{mm}^3} * 3.185\ \text{m}^4 * \left[1 + 0.96 * \frac{11\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}}{0.69\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}} * \left(\frac{250\ \text{mm}}{3.185\ \text{m}}\right)^2\right]$$

$$u_{\text{inst,G}} = u_{\text{inst},cud,\text{G}} + u_{\text{inst,puntual,G}} = 3.44\ mm$$

Deflexión instantánea debido a la acción variable, $u_{\text{inst,Q}}$ (Tabla 26)

$$u_{\text{inst,Q}} = \frac{5}{32} * \frac{\text{Q}_{\text{k,udl}}}{\text{E}_{\text{0,medio}} * \text{b} * \text{h}^3} * \text{l}^4 * \left[1 + 0.96 * \frac{\text{E}_{\text{0,medio}}}{\text{G}_{\text{0,medio}}} * \left(\frac{\text{h}}{\text{l}}\right)^2\right]$$

$$u_{\text{inst,Q}} = \frac{5}{32} * \frac{2.5\ \text{kN/m}}{11\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} * 60\ \text{mm} * 250\ \text{mm}^3} * 3.185\ \text{m}^4 * \left[1 + 0.96 * \frac{11\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}}{0.69\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}} * \left(\frac{250\ \text{mm}}{3.185\ \text{m}}\right)^2\right]$$

$$u_{\text{inst,Q}} = 5.48\ \text{mm}$$

Combinación de deflexión instantánea debido a acciones

Variables y permanentes,

$$u_{\text{inst}} = u_{\text{inst,G}} + u_{\text{inst,Q}} = 3.44\ \text{mm} + 5.48\ \text{mm} \qquad u_{\text{inst}} = 8.92\ \text{mm}$$

Cálculo de las limitaciones de la deflexión instantánea

de acuerdo con el EC5 (Tabla 25)

$$w_{\text{inst}} = \frac{l}{300} = \frac{3185\ \text{mm}}{300} \qquad w_{\text{inst}} = 10.62\ \text{mm}$$

La deflexión es aceptable

Deflexión final debido a las acciones permanentes (ecuación 6.41)

$$u_{\text{fin,G}} = u_{\text{inst,G}} * (1 + k_{\text{def}}) = 3.44\ \text{mm} * (1 + 0.8) = 6.19\ \text{mm}$$

Deflexión final debido a las acciones variables y cuasi permanentes (ecuación 6.42)

$$u_{\text{fin,Q}} = u_{\text{inst,Q}} * (1 + \psi_2 * k_{\text{def}}) = 5.48\ \text{mm} * (1 + 0.3 * 0.8) = 6.79\ \text{mm}$$

Deflexión final debido a las acciones permanentes y cuasi permanentes

$u_{\text{fin,neta}} = u_{\text{fin,G}} + u_{\text{fin,Q}}$ $u_{\text{fin,neta}}$ =12.98 mm

Limitaciones en le deflexión neta final (Tabla 26)

$w_{\text{fin,neta}} = \frac{\text{l}}{150} = \frac{3185\text{ mm}}{150}$ $w_{\text{fin,neta}} = 21.23$ mm

La deflexión de la viga es aceptable.

6.6.2 Vibración. El cuerpo humano es extremadamente sensible a la vibración, y en conformidad con el criterio dado en el EC5, el cual relaciona los requerimientos de diseño de pisos estructurales basados en madera en propiedad residencial, asegurará que el comportamiento de vibración de la estructura se mantenga dentro de una zona aceptable cuando esté sujeta a la condición de carga de ELS.(Legrand, 2008)

La sensibilidad humana a la vibración es tema complejo y de investigación del malestar en humanos ha concluido que los factores que mayormente influencian la aceptación, o no, de una persona en la vibración son los siguientes:

- Molestar debido a la vibración causada por maquinas.
- Molestar debido a la vibración debida a pisadas.
- La proximidad y transferencia de la vibración.

El efecto de estos factores puede reducirse a niveles aceptables diseñando y detallando apropiadamente la estructura así como los elementos no estructurales. En lo que respecta a requerimientos de diseño específicos, el criterio de diseño se da en el EC5, y en particular, en la UKNA para el EC5, y esto se discute en la siguiente subsección.(Legrand, 2008)

6.6.2.1 Vibraciones causadas por máquinas.Las vibraciones estructurales causadas por maquinaria pueden afectar la sensibilidad del ser humano. Los niveles aceptables de la vibración continua debida a maquinaria vibratoria se obtiene de ISO 2631:2[7]. Cuando la vibración por maquinaria exceda los valores aceptables, la forma más común para manejar este problema es aislar la base o cimentación de la maquinaria de la estructura o instalar soportes anti-vibratorios entre la maquina y la estructura, desintonizando la respuesta estructural. Normalmente esto involucrará un análisis del comportamiento dinámico de la estructura, y dada la naturaleza especial de este problema, esto no se aborda en el EC5.

6.6.2.2 Vibración inducida por pisadas.Este asunto ha sido investigado por un tiempo considerablemente largo y durante este periodo los criterios establecidos para limitar el problema han tendido a cambiar. Los requerimientos de diseño en el EC5 se relacionan únicamente a pisos residenciales con una frecuencia natural mayor que 8 Hz. Los pisos con frecuencias naturales menores a 8 Hz. requieren una investigación especial, y no se cubren en el código.(Legrand, 2008)

El EC5 requiere que la frecuencia fundamental del piso residencia sea mayor que 8 Hz. y para un piso rectangular con dimensiones *lxb*, simplemente soportados a lo largo de cuatro lados y con vigas de madera estructural con luz en la dirección *l*, el valor aproximado de la frecuencia natural, f_1, se puede calcular de la ecuación (6.46):

$$f_1 = \frac{\pi}{2l^2} * \sqrt{\frac{(EI)_l}{m}} \tag{6.46}$$

(EC5, ecuación (7.5))

Donde:

- *l* es la envergadura de las vigas (en metros).
- $(EI)_l$ es la rigidez de flexión equivalente de la estructura que soporta el piso sobre un eje perpendicular a la dirección e la viga, en N m^2/m. A menos que la cubierta del piso este diseñada para actuar con las vigas del piso como una estructura compuesta en la dirección de la luz de la viga (por ejemplo, en el caso de vigas compuestas con patín delgado), $(EI)_l$únicamente debe basarse en la rigidez de flexión de las vigas de piso. Únicamente se asume que ocurre la acción compuesta entre la cubierta del piso y las uniones de madera cuando la cubierta del piso está pegada a las uniones y está diseñada de acuerdo a *9.1.2*del EC5 y que debe notarse que el adhesivo debe cumplir con los requerimientos de *3.6* y *10.3* en el EC5.
- *m* es la masa por unidad de área del piso, en kg/m^2, y se únicamente se basa en las acciones permanentes sin incluir las cargas parciales.
- Para pisos residenciales con una frecuencia fundamental mayor que 8 Hz, la sensibilidad humana se relaciona a los efectos de la amplitud de vibración y la velocidad causada por las fuerzas dinámicas de las pisadas. Para asegurarse de cumplir con el criterio de los ELS establecido para estos asuntos, el criterio de diseño para pisos tipo placa de material basado en madera se da en el EC5. La guía UKNA se basa en la uso de pisos tipo vigueta,

el cual es el tipo de estructura de piso más usado en UK, y es una categoría de piso que se considera en las siguientes subsecciones. Cuando el modulo de elasticidad se usa en las ecuaciones, a menos que se establezca de otra forma, se aplicará E_{medio}. Los requerimientos que se deben satisfacer en EC5 son los siguientes: (Porteous & Kermany, 2007)

(a) Efectos de frecuencia baja (efecto de frecuencia de pasos).

La frecuencia aplicada en el piso de esta acción será menor que 8 Hz. Y consecuentemente se puede considerar que el efecto de la acción de las pisadas es el mismo que el causado por una carga estática. La carga estática que simula el efecto de la fuerza del pie es 1 kN aplicado en el centro del piso y la deflexión del piso en este punto, *a*, debe ser mayor que el limite dado en la *Tabla NA.5* en el UKNA para EC5, es decir,

$$a \leq 1.8\ (\text{mm}) \text{para todas las uces de los pisos} \leq 4000\ \text{mm} \tag{6.47}$$

$$a \leq \frac{1650}{l^{1.1}} (\text{mm}) \text{para todas las uces de los pisos} \leq 4000\ \text{mm} \tag{6.48}$$

Donde *l* es la luz de la vigueta del piso en mm.

En *NA.2.6.2* del UKNA para el EC5 la deflexión *a* del piso bajo una carga puntual de 1 kN en la mitad de la luz del piso con una luz de diseño *l* mm puede evaluarse usando la siguiente ecuación:

$$a = \frac{1000 k_{dist} l_{eq}^3 k_{amp}}{48 (EI)_{joist}} \tag{6.49}$$

Donde k_{dist} da la proporción de la carga de 1 kN apoyada por una unión simple. El valor a ser usado es:

$$k_{dist} = max\left\{k_{riostra}\left[0.38 - 0.08 ln\left[\frac{14(EI)_b}{s^4}\right]\right]; 0.30\right\} \tag{6.50}$$

Donde

- $k_{riostra} = 1$ o cuando se usen líneas simples o múltiples de arrostramiento en la estructura y estén instaladas de acuerdo a los requerimientos de BS 5268, *Uso estructural de la Madera* (*NA.4.1* en el UKNA para el EC5), $k_{riostra} = 0.97$
- $(EI)_b$ es la rigidez por flexión del piso perpendicular a las vigas en N mm^2/m (vea las notas relacionadas a $(EI)_b$ en el cuadro de abajo para los coeficientes que se deben tomar en cuenta cuando se evalúa la rigidez);

- s es el espaciamiento entre vigas en mm.
- l_{eq} es la luz equivalente de las vigas (mm); para viguetas simplemente apoyadas l_{eq}se debe tomar como la luz l en mm; para los extremos de viguetas continuas se tomara l_{eq} como 0.9l en mm; para luces internas de viguetas continuas, l_{eq} se tomará como 0.85l en mm.
- k_{amp} es el coeficiente de amplificación que toma en cuenta el efecto de las deflexiones por corte en el caso de la madera estructural solida y vigas encoladas de alma delgada o junta deslizante en el caso de tijeras de piso mecánicamente articuladas, este es:
    - 1.05 para viguetas de madera estructural solida simplemente soportadas
    - 1.10 para viguetas continuas de madera solida
    - 1.15 para viguetas encoladas de alma delgada simplemente apoyadas
    - 1.30 para viguetas continuas encoladas de alma delgada
    - 1.30 para tijeras de piso mecánicamente articuladas y simplemente soportadas
    - 1.45 para tijeras de piso mecánicamente articuladas y continuas
- $EI_{vigueta}$ es la rigidez para flexión de la vigueta en N mm^2, se calcula utilizando el valor medio del modulo de elasticidad de la vigueta.

Notas relacionadas a $(EI)_b$

(1) La rigidez para flexión se calcula como $(EI)_b$ usando el valor medio del modulo de elasticidad de la cubierta del piso, se pueden ignorar las discontinuidades en los extremos de los tableros del piso o en los bordes de los paneles del piso.

(2) Cuando se instale techo de cartón yeso directamente en el sofito de las viguetas de piso, la rigidez de flexión del cartón yeso se puede agregar. Se debe asumir que $E_{sofito} = 2000\ \mathrm{N/mm^2}$.

(3) Cuando este compuesto de viguetas de alma abierta ajustada con miembros transversales continuos asegurados a todas las viguetas dentro de 0.1l de la mitad de la luz. $(EI)_b$ se puede incrementar agregando la rigidez a la flexión del miembro (en N mm^2) transversal dividido por la luz l (en m).

(b) Efectos de alta frecuencia.

Cuando se encuentra bajo la acción de una fuerza de impulso unitario de 1.0 Ns en el centro del piso que simula el contacto de pisadas, el valor máximo inicial de la velocidad de vibración del piso v (en m/s) debe cumplir con la ecuación *(7.4)*del EC5:

$$v \leq b^{(f_1 * \varepsilon - 1)}\, m/(Ns^2) \tag{6.51}$$

(EC5,ecuación (7.4))

Donde:

- v es la velocidad de respuesta del impulso unitario en unidades m/(Ns^2); es decir, el valor máximo de la velocidad de la vibración del piso en (pul m/s) en una dirección vertical causada por un impulso de 1.0 Ns, simulando la condición de impacto de tacón aplicada en el punto del piso que causa el mayor desplazamiento.
- *B* es una constante utilizada para el control de la respuesta unitaria de impulso y se relaciona a la deflexión *a* del piso como se muestra en el EC5, *Figura 7.2*. Puede expresarse en formato de ecuación como sigue,

$$b = 150 - \left(\frac{30(a-0.5)}{0.5}\right) = 180 - 60a \; cuando \; a \leq 1mm \tag{6.52}$$

$$b = 120 - \big(40(a-1)\big) = 180 - 40a \; cuando \; a > 1mm \tag{6.53}$$

Donde *a* está en mm y se obtiene de la ecuación (6.49)

- f_1 es la frecuencia natural del piso obtenida de la ecuación (6.46) (en Hz).
- ε es la razón de amortiguamiento modal para el piso, el *NA.2.6* del UKNA para EC5 establece que el valor de 0.02 es apropiado para pisos de UK.

Para derivar la velocidad real de respuesta de impulso unitario de la estructura, el requerimiento del EC5 es el siguiente:

Para piso rectangular con dimensiones totales *bxl* y simplemente soportado en los cuatro lados, el valor aproximado para v puede obtenerse de la *ecuación (7.6)* del EC5 como sigue,

$$v = \frac{4(0.4+0.6n_{40})}{mbl+200} \tag{6.54}$$

(EC5, ecuación (7.6))

Donde *b* es el ancho del piso (en metros), *l* es la luz de diseño del piso (en metros), *m* es como se define en la ecuación (6.46) (en kg/m^2), y n_{40} es el número de modos de vibración de primer orden con frecuencias naturales mayores a 40 Hz.

El valor de n_{40} puede calcularse de la expresión aproximada dada en la *ecuación (7.7)* del EC5.

$$n_{40} = \left(\left(\left(\frac{49}{f_1}\right)^2 - 1\right)\left(\frac{b}{l}\right)^4 \frac{(EI)_l}{(EI)_b}\right)^{0.25} \tag{6.55}$$

(EC5, ecuación (7.7))

Donde $(EI)_b$ es como se define en la ecuación (6.55), pero las unidades a usar en esta ecuación son N m^2/m y $(EI)_l$ es la rigidez equivalente de flexión de la placa del piso en la dirección de la luz de la vigueta como se define en la ecuación (6.46) (en N m^2/m) y $(EI)_b < (EI)_l$.

Se deben notar que cuando se usa $\varepsilon = 0.02$para la razón de amortiguamiento modal, el UKNA para el EC5establece que la velocidad de impulso unitario normalmente no gobernara el tamaño de la viga usada en pisos residenciales de madera estructural.(Porteous & Kermany, 2007)

6.7 Ejemplos detallados

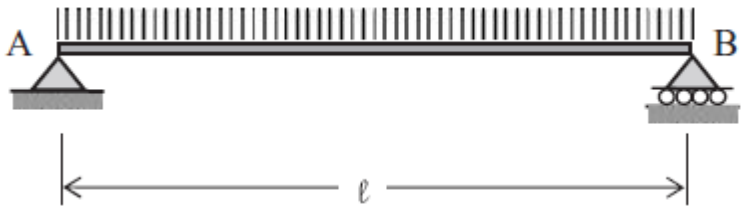
Ejemplo 6.5.

La viga de la Figura 32 está simplemente soportada y funciona bajo condiciones de clase de servicio 1. También se encuentra sujeta a una carga característica permanente de, $G_k = 0.8$ kN/m, una carga característica variable de duración media $Q_{k,1} = 1.3$ kN/m y una carga característica variable de duración instantánea (por la acción del viento) $Q_{k,2} = 0.6$ kN/m que actua hacia arriba. Los coeficientes de modificación de resistencia asociados para el material de la viga son $k_{mod,perm} = 0.6$, $k_{mod,med} = 1.3$, $k_{mod,inst} = 1.1$.

Determine los casos de carga que producirán correspondientes a

(a) Los estados límite últimos (ULS)
(b) Para los ULS de resistencia, flexión, corte y esfuerzo de soporte
(c) El efecto de diseño para la deflexión instantánea de la viga en el estado limite de servicio (SLS)

Figura 32. Viga con carga distribuida



Fuente: Porteous & Kermany, 2007

1) Acciones en la viga

Carga permanente en la viga	$G_k = 0.8$ kN/m
Carga variable de duración media	$Q_{k,1} = 1.3$ kN/m
Carga instantánea que actúa hacia arriba	$Q_{k,2} = 0.6$ kN/m

2) Coeficientes parciales de seguridad

Tabla 10, valores de ψ

Coeficiente para el valor de combinación de la acción variable de duración media	$\psi_{0,1} = 0.7$
Coeficiente para el valor de combinación de la acción del viento	$\psi_{0,2} = 0.5$

(a) Coeficientes parciales para los ELU de equilibrio.

Ecuación EQU (a) de la Tabla 16

Para acciones permanentes favorables	$\gamma_{G,e} = 0.9$
Para acciones variables desfavorables	$\gamma_{Q,e,u} = 1.5$
Para acciones variables favorables	$\gamma_{Q,e,f} = 0$

(b) Coeficientes parciales para los ELU de resistencia.

Ecuación RES (c),(i) de la Tabla 16

Para acciones permanentes desfavorables	$\gamma_{G,u} = 1.35$
Para acciones permanentes favorables	$\gamma_{G,f} = 1.00$
Para acciones variables desfavorables	$\gamma_{Q,u} = 1.5$
Para acciones variables favorables	$\gamma_{Q,f} = 0$

(c) Coeficientes parciales para la deflexión de loes estados limite de servicio

Coeficiente parcial para acciones permanentes
y variables (5.2.25) = 1

3) Coeficientes de modificación

De la Tabla 12

Coeficiente de duración de carga para cargas permanentes en la clase de servicio 1 $k_{mod,perm} = 0.6$

Coeficiente de duración de carga para cargas de duración media en la clase de servicio 1 $k_{mod,perm} = 0.8$

Coeficiente de duración de carga para cargas instantáneas en la clase de servicio 1 $k_{mod,perm} = 1.1$

4) Condiciones de carga crítica para efectos de diseño

a. Estados de equilibrio

(i) Tabla 16, ecuación EQUI (a):

Al ignorar los casos de carga en los cuales la acción permanente es desfavorable, se deben considerar ocho casos de carga alternativos. El caso de carga crítica es:

Caso de carga crítico: Permanente (favorable) $G_k +$ variable principal (desfavorable) $Q_{k,2}$ + variable acompañante (favorable) $Q_{k,1}$:

$$Equi1_d = \gamma_{G,e} * G_k - \gamma_{Q,e,u} * Q_{k,2} + \gamma_{Q,e,f} * \psi_{0,1} * Q_{k,1}$$

$$Equi1_d = 0.9 * 0.8\ \text{kN/m} - 1.5 * 0.6\ \text{kN/m} + 0 * 0.7 * 1.3\text{kN/m}$$

$$Equi1_d = -0.18\text{kN/m}$$

Esto indica que la carga actúa hacia arriba en la viga.

(ii) Tabla 16, ecuación RES (c),(i):

Al ignorar los casos de carga en los cuales la acción permanente es desfavorable, se deben considerar ocho casos de carga alternativos. El caso de carga crítica es:

Caso de carga crítico: Permanente (favorable) $G_k +$ variable principal (desfavorable) $Q_{k,2}$ + variable acompañante (favorable) $Q_{k,1}$:

$$Equi2_d = \gamma_{G,f} * G_k - \gamma_{Q,u} * Q_{k,2} + \gamma_{Q,f} * \psi_{0,1} * Q_{k,1}$$

$$Equi2_d = 1.00 * 0.8\ \text{kN/m} - 1.5 * 0.6\ \text{kN/m} + 0 * 0.7 * 1.3\text{kN/m}$$

$$Equi2_d = -0.1\text{kN/m}$$

Esto indica que la carga actúa hacia arriba en la viga.

El caso de carga de diseño para el equilibrio será $Equi1_d$.

Debe notarse que el soporte al cual la estructura está sujeta debe tener suficiente estabilidad estática para resistir a la fuerza hacia arriba que se genera en cada extremo de la viga.

b. Estados de resistencia

Tabla 16, ecuación RES (c),(i):

Habrán ocho casos de carga en los cuales la acción permanente es desfavorable y ocho casos en los cuales la acción permanente es favorable. El caso de carga de diseño será aquel que genere el mayor valor divido por la k_{mod} asociada y debe incluir cualquier condición de inversión de esfuerzos. El caso de carga de diseño/k_{mod}será de la siguiente manera:

(i) Para compresión por flexión en la cara superior, para corte y para esfuerzo de soporte

Caso de carga crítico: Permanente (desfavorable) $G_k +$ variable principal (desfavorable) $Q_{k,1} +$ variable acompañante (favorable) $Q_{k,2}/ k_{mod,med}$:

$$RES1_d = \frac{\gamma_{G,u} * G_k + \gamma_{Q,u} * Q_{k,1} - \gamma_{Q,f} * \psi_{0,2} * Q_{k,2}}{k_{mod,med}}$$

$$RES1_d = \frac{1.35 * 0.8\text{kN/m} + 1.5 * 0.6\text{kN/m} - 0 * 0.5 * 1.3\text{kN/m}}{0.8}$$

$$RES1_d = 2.42\text{kN/m}$$

La carga de diseño será:

$$CD1_d = \gamma_{G,e} * G_k + \gamma_{Q,u} * Q_{k,1} - \gamma_{Q,f} * \psi_{0,2} * Q_{k,2}$$

$CD1_d$ =1.62 kN/m

(ii) Para compresión por flexión en la cara inferior (por ejemplo, para revisar la inestabilidad torsional lateral bajo inversión de esfuerzos)

Caso de carga crítico: Permanente (favorable) $G_k +$ variable principal (desfavorable) $Q_{k,2} +$ variable acompañante (favorable) $Q_{k,1}/k_{mod,med}$:

$$RES2_d = \frac{\gamma_{G,f} * G_k - \gamma_{Q,u} * Q_{k,2} + \gamma_{Q,r} * \psi_{0,1} * Q_{k,1}}{k_{mod,inst}}$$

$RES2_d$ = 2.36 kN/m

La carga de diseño será:

$$CD2_d = \gamma_{G,f} * G_k - \gamma_{Q,u} * Q_{k,2} + \gamma_{Q,r} * \psi_{0,1} * Q_{k,1}$$

$CD2_d$ =2.6 kN/m

c. Estados de deflexión – adoptando la condición de estado limite irreversible

El caso de carga que se debe utilizar para determinar la deflexión instantánea hacia abajo:

Usando la combinación característica, como lo indica la ecuación (5.24) en 5.2.25.2, se deben considerar cuatro casos de carga y la condición de diseño es:

Permanente + variable $Q_{k,1}$:

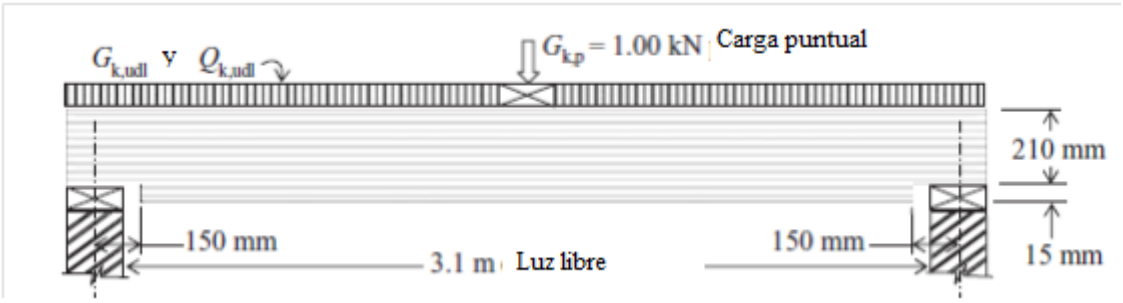
$$CD3_d = G_k + Q_{k,1} = 0.6\ \text{kN/m} + 1.2\ \text{kN/m}$$

$CD3_d$ =1.8 kN/m

Ejemplo 6.6

Una viga de residencia soporta una carga característica. La viga mide 60 mm por 250 mm y tiene una luz de 3.1 m. la longitud de apoyo está restringida a 85 mm en cada extremo como se observa en la de la Figura 33 y se encuentra restringida lateralmente contra pandeo lateral a lo largo de su longitud y tiene muescas en sus extremos de 15 mm profundidad que se extienden 150 mm dentro de la viga desde el centro de cada soporte como se ve en la figura. Las muescas están en el mismo lado de los soportes de la viga. El material es de clase de resistencia C24 según BS EN 338:2003, y funciona en condiciones de clase de servicio 2.

Figura 33. Carga distribuida y carga puntual sobre viga



Fuente: Porteus & Kermani, 2007

Dado

$G_{k,cud}$ = 1.0kN/m (acción característica permanente y uniformemente distribuida)

$Q_{k,cud}$ = 2.5kN/m (acción característica de término medio y uniformemente distribuida)

$G_{k,p} = 1.0$kN carga puntual característica a la mitad de la luz

Determine si la viga cumplirá con los requerimientos de diseño de EC5 para los ELU.

7) Propiedades geométricas de la viga

Ancho de la viga	$b = 60$ mm
Altura de la viga	$h = 250$ mm
Luz neta de la viga	$l_c = 3.1$ m
Longitud de apoyo de la viga en el extremo de la muesca	$l_{sop} = 85$ mm
Luz de diseño de la viga, $l = l_c + l_b$	$l = 3.185\ m$
Profundidad de la muesca en cada extremo de la viga	$h_n = 15$ mm
Inclinación de la muesca, *i*	$i = 0$ mm$^{1/3}$
Altura de la viga en cada extremo, $h_{ef} = h - h_n$	$h_{ef} = 235$ mm
Relación h_{ef}/h, α	$\alpha = 0.94$
Distancia entre el extremo de la muesca y el centro del soporte	$x = 150$mm
Módulo de sección de la viga sobre su eje *y-y*, $W_y = \frac{b*h^2}{6}$	$W_y = 6.25 * 10^5$ mm^3

8) Propiedades de la madera estructural

Tabla 3, clase de resistencia C24 (BS EN 338:2003, *Tabla 1*):

Resistencia de flexión característica,	$f_{m,k} = 24$N/mm^2
Resistencia de corte característica,	$f_{v,k} = 2.5$N/mm^2
Resistencia de soporte (cizallamiento) característica,	$f_{c,90,k} = 2.5$ N/mm^2
Quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la veta	$E_{0,05} = 7.4$ kN/mm^2
Módulo de elasticidad medio paralelo a la veta	$E_{0,medio} = 11$ kN/mm^2
Módulo de corte medio,	$G_{0,medio} = 0.69$ kN/mm^2
Densidad promedio de la madera de la viga	$\rho_m = 420$ kg/m^3

9) Coeficientes parciales de seguridad

Tabla 16 para los ELU

Acciones permanentes	$\gamma_{G,ULS} = 1.35$
Acciones variables	$\gamma_{Q,ULS} = 1.5$

Tabla 10

Coeficiente para el valor cuasi-permanentes de una acción variable $\psi_2 = 0.3$

Tabla 14

Coeficiente del material para madera sólida en los ELU $\gamma_M = 1.3$

10) Acciones

ELU

Peso propio característico de la viga, ($\rho_m = 0.0428$)

$G_{k,pp} = b * h * g * \rho_m$ $G_{k,pesop} = 0.063$kN/m

(1) Acción de diseño del peso propio de la viga,

$F_{d,pesop} = \gamma_{G,ELU} * G_{k,pesop} = 1{,}35$*0.063kN/m $F_{d,pesop} = 0.085$ kN/m

(2) Acción de diseño debido a la carga puntual permanente,

$F_{d,p} = \gamma_{G,ELU} * G_{k,p} = 1{,}35$*1.0kN/m $F_{d,p} = 1.35$ kN

(3) Acción de diseño debido a la acción de la cud permanente,

$F_{d,p,cud} = \gamma_{G,ELU} * G_{k,cud} = 1{,}35$*1.0kN/m $F_{d,p,cud} = 1.35$ kN

(4) Acción de diseño debido a la acción de la cud variable,

$F_{d,q,cud} = \gamma_{G,ELU} * Q_{k,cud}$=1,35*2.5 kN/m $F_{d,q,cud} = 3.75$kN

11) Coeficientes de modificación

Coeficiente para duración de carga media y clase de servicio 2 (Tabla 12) $k_{mod,med} = 0.8$

Coeficiente de tamaño para altura mayor a 150 mm (Tabla 19) $k_h = 1.0$

Estabilidad lateral de la viga (Tabla 29) $k_{crit} = 1.0$

Coeficiente de reducción para la muesca, k_v de la ecuación (6.19)

Coeficiente de corte para la madera solida $k_{n=}$ 5 mm$^{0.5}$

Coeficiente de reducción para vigas con muescas

$$k_{\mathrm{v}} = \min\left[1, \frac{k_{\mathrm{n}}\left(1+\frac{1.1\mathrm{i}^{1.5}}{\sqrt{\mathrm{h}}}\right)}{\sqrt{\mathrm{h}}\left(\sqrt{\alpha(1-\alpha)}+0.8\left(\frac{\mathrm{x}}{\mathrm{h}}\right)\sqrt{(1-\alpha)-\alpha^2}\right.}\right]$$

$$k_{\mathrm{v}} = \min\left[1, \frac{5\ \mathrm{mm}^{0.5}\left(1+\frac{1.1*0^{1.5}}{\sqrt{250\ \mathrm{mm}}}\right)}{\sqrt{250\ \mathrm{mm}}\left(\sqrt{0.94(1-0.94)}+0.8\left(\frac{150\mathrm{mm}}{250\ \mathrm{mm}}\right)\sqrt{(1-0.94)-0.94^2}\right.}\right] = 0.71$$

Coeficiente de apoyo, $k_{c,90}$, utilizando la ecuación (6.24)

$$k1_{c,90} = \left(2.38 - \frac{85\ \text{mm} * mm^{-1}}{250}\right)\left(1 + \frac{235\ \text{mm}}{12 * 85\ \text{mm}}\right) \qquad k1_{c,90} = 2.51$$

Coeficiente de deformación para clase de servicio 2 (Tabla 18) $k_{def} = 0.8$

12) Resistencia al pandeo

Nota 1: cómo se explica en la sección 5.2.24, el mayor efecto de diseño es aquel que se asocia con el mayor valor de la acción de diseño dividida por el k_{mod} para las combinaciones características de los casos de carga que puedan existir. El caso de carga crítica será la combinación de cargas de diseño (1)+ (2)+ (3)+ (4) y únicamente este caso se ha considerado para este ejemplo.

$$M_d = \frac{F_{d.p} * l}{4} * \frac{F_{d.pesop} * l^2}{8} * \frac{F_{d.p,cud} * l^2}{8} * \frac{F_{d.q,cud} * l^2}{8}$$

$$M_d = \frac{1.35\ \text{kN} * 3.185\ m}{4} * \frac{0.085 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * 3.185\ m^2}{8} * \frac{\frac{1.35\text{kN}}{\text{m}} * 3.185\ m^2}{8} * \frac{3.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * 3.185\ m^2}{8} = 7.64\text{kN m}$$

Esfuerzo de flexión de diseño, $\sigma_{m,y,d} = M_d / W_y$ $\sigma_{m,y,d} = 12.24\ \text{N/mm}^2$

Resistencia de flexión de diseño ecuación (6.5), $f_{m,y,d} = (k_{mod,med} \cdot k_{sis} \cdot k_h \cdot f_{m,k})/\gamma_M$ $f_{m,y,d} = (0.8 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 24\text{N/mm}^2)/1.3$ $f_{m,y,d} = 14.77\ \text{N/mm}^2$

La resistencia al pandeo es aceptable.

13) Resistencia al corte

De igual forma que con la Nota 1, el valor de diseño de la fuerza de corte de diseño, V_d:

$$V_d = \frac{F_{d.p}}{2} * F_{d.cud} * \frac{l}{2} * F_{d.cud} * \frac{l}{2} * F_{d.p,pesp} * \frac{l}{2}$$

$$V_d = \frac{1.35\ \text{kN}}{2} * \left(1.35 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * 1.35 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * 0.085 \frac{\text{kN}}{\text{m}}\right) * \frac{3.185\ m}{2} \qquad V_d = 8.92\ \text{kN}$$

Esfuerzo de corte de diseño (ecuación 6.16)

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} * \frac{V_d}{b * h_{ef}} = \frac{8.92\ \text{kN}}{60\ \text{mm} * 235\ \text{mm}} \qquad \tau_{v,d} = 0.95\ \text{N/mm}^2$$

Resistencia al cortante de diseño (ecuación 6.18)

$$f_{\mathrm{v,d}} = \frac{k_{\mathrm{mod,med}} \cdot k_{\mathrm{sIs}} \cdot f_{\mathrm{v,k}}}{\gamma_{\mathrm{M}}} = \frac{0.8 \cdot 1.0 \cdot 2.5\mathrm{N/mm2}}{1.3} \qquad f_{\mathrm{v,d}} = 1.54 \text{ N/mm}^2$$

Resistencia al cortante de diseño, tomando en cuenta el efecto de muesca, (ecuación 6.17a)

$$k_{\mathrm{v}} * f_{\mathrm{v,d}} = 0.71 * 1.54 \text{ N/mm2} = 1.05 \text{ N/mm}^2$$

La resistencia al cortante es aceptable

14) Resistencia esfuerzo de apoyo (o aplastamiento)

Con referencia a la Nota 1, la fuerza de aplastamiento de diseño de la viga igualará a la fuerza de aplastamiento de diseño.

Esfuerzo de aplastamiento de diseño (ecuación (6.22))

$$\sigma_{\mathrm{c,90,d}} = \frac{V_{\mathrm{d}}}{b * l_{\mathrm{sop}}} = \frac{8.92 \text{ kN}}{60 \text{ mm} * 85 \text{ mm}} \qquad \sigma_{\mathrm{c,90,d}} = 1.75 \text{ N/mm}^2$$

Resistencia de aplastamiento de diseño ecuaciones (6.22) y (6.23))

$$f_{\mathrm{c,90,d}} = \frac{k_{\mathrm{mod,med}} \cdot k_{\mathrm{sis}} \cdot k_{\mathrm{c,90}} \cdot f_{\mathrm{c,90,k}}}{\gamma_{\mathrm{M}}} \qquad f_{\mathrm{c,90,d}} = 1.54 \text{ N/mm}^2$$

Debido a que la resistencia al aplastamiento es menor de la requerida se necesita usar un valor mayor de $k_{\mathrm{c,90}}$, al adoptar un valor de $k1_{\mathrm{c,90}} = 2.51$, se obtiene

$$f1_{\mathrm{c,90,d}} = \frac{k_{\mathrm{mod,med}} \cdot k_{\mathrm{sis}} \cdot k1_{\mathrm{c,90}} \cdot f_{\mathrm{c,90,k}}}{\gamma_{\mathrm{M}}} = \frac{0.8 * 1.0 * 2.51 * 2.5\mathrm{N/mm^2}}{1.3} = 3.78 \text{ N/mm}^2$$

Por lo que se necesita tener un incremento $\%_{incremento} = 8.3$ de $k_{\mathrm{c,90}}$ para alcanzar un esfuerzo de aplastamiento aceptable.

15) Deflexión de la viga

Debido a que el coeficiente de esfuerzo de aplastamiento, $k_{\mathrm{c,90}}$, ha exedido la unidad por un pequeño porcentaje, se puede ignorar la deflexion debido a los efectos del esfuerzo de soporte.

El valor en consideración para los ELS será el valor mayor relacionado al momento de flexión y fuerza de corte obtenidos de las posibles combinaciones de carga, en este ejemplo: (i) caso de carga (1)+(2)+(3); (ii) caso de carga (1)+(2)+(3)+(4) pero con los coeficientes parciales establecidos como 1. La combinación crítica será el caso de carga (ii) y se utiliza para determinar la deflexión. Se ha ignorado el efecto de la muesca en los extremos de la viga para el cálculo de la deflexión dado que es despreciable.

Deflexión debido a la flexión y efectos de cortante.

En los ELS el coeficiente parcial de seguridad es igual a 1. Se usará el valor promedio de la rigidez para calcular la deflexión instantánea y por fluencia lenta de la viga debido a que el miembro está hecho de un material,

Deflexión instantánea bajo acciones permanentes (Tabla 26):

$$u_{\text{inst,puntual,G}} = \frac{1}{4} * \frac{G_{k,p}}{E_{0,medio} * b * h^3} * l^3 * \left[1 + 1.2 * \frac{E_{0,medio}}{G_{0,medio}} * \left(\frac{h}{l}\right)^2\right]$$

$$u_{\text{inst},cud,\text{G}} = \frac{5}{32} * \frac{G_{k,pesop} + G_{k,cud}}{E_{0,medio} * b * h^3} * l^4 * \left[1 + 0.96 * \frac{E_{0,medio}}{G_{0,medio}} * \left(\frac{h}{l}\right)^2\right]$$

$$u_{\text{inst,G}} = u_{\text{inst},cud,\text{G}} + u_{\text{inst,puntual,G}}$$

$$u_{\text{inst,G}} = \frac{1}{4} * \frac{1.0\ \text{kN}}{11\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} * 60\ \text{mm} * 250\ \text{mm}^3} * 3.185\ \text{m}^3 * \left[1 + 1.2 * \frac{11\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}}{0.69\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}} * \left(\frac{250\ \text{mm}}{3.185\ \text{m}}\right)^2\right] +$$

$$\frac{5}{32} * \frac{0.063\frac{\text{kN}}{\text{m}} + 1.0\frac{\text{kN}}{\text{m}}}{11\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} * 60\ \text{mm} * 250\ \text{mm}^3} * 3.185\ \text{m}^4 * \left[1 + 0.96 * \frac{11\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}}{0.69\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}} * \left(\frac{250\ \text{mm}}{3.185\ \text{m}}\right)^2\right]$$

$$= 3.44\ \text{mm}$$

Deflexión instantánea debido a la acción variable, $u_{\text{inst,Q}}$ (Tabla 26)

$$u_{\text{inst,Q}} = \frac{5}{32} * \frac{Q_{k,udl}}{E_{0,medio} * b * h^3} * l^4 * \left[1 + 0.96 * \frac{E_{0,medio}}{G_{0,medio}} * \left(\frac{h}{l}\right)^2\right]$$

$$u_{\text{inst,Q}} = \frac{5}{32} * \frac{2.5\frac{\text{kN}}{\text{m}}}{11\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} * 60\ \text{mm} * 250\ \text{mm}^3} * 3.185\ \text{m}^4 * \left[1 + 0.96 * \frac{11\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}}{0.69\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}} * \left(\frac{250\ \text{mm}}{3.185\ \text{m}}\right)^2\right] \qquad u_{\text{inst,Q}} = 5.48\ \text{mm}$$

Combinación de deflexión instantánea debido a acciones
Variables y permanentes,

$$u_{\text{inst}} = u_{\text{inst,G}} + u_{\text{inst,Q}} = 3.44\ \text{mm} + 5.48\ \text{mm} \qquad u_{\text{inst}} = 8.92\ \text{mm}$$

Cálculo de las limitaciones de la deflexión instantánea
de acuerdo con el EC5 (Tabla 25)

$$w_{\text{inst}} = \frac{l}{300} = \frac{3185\ \text{mm}}{300} \qquad w_{\text{inst}} = 10.62\ \text{mm}$$

La deflexión es aceptable

Deflexión final debido a las acciones permanentes (ecuación 6.41)

$$u_{\text{fin,G}} = u_{\text{inst,G}} * (1 + k_{\text{def}}) = 3.44\ \text{mm} * (1 + 0.8) = 6.19\ \text{mm}$$

Deflexión final debido a las acciones variables y cuasi permanentes (ecuación 6.42)

$$u_{\text{fin,Q}} = u_{\text{inst,Q}} * (1 + \psi_2 * k_{\text{def}}) = 5.48\ \text{mm} * (1 + 0.3 * 0.8) = 6.79\ \text{mm}$$

Deflexión final debido a las acciones permanentes y cuasi permanentes

$$u_{\text{fin,neta}} = u_{\text{fin,G}} + u_{\text{fin,Q}} \qquad u_{\text{fin,neta}} = 12.98\ \text{mm}$$

Limitaciones en le deflexión neta final (Tabla 25)

$$w_{\text{fin,neta}} = \frac{\text{l}}{150} = \frac{3185\ \text{mm}}{150} \qquad w_{\text{fin,neta}} = 21.23\ \text{mm}$$

La deflexión de la viga es aceptable.

7. DISEÑO DE MIEMBROS SUJETOS A CARGAS AXIALES Y FLEXIONANTES

7.1 Introducción

Las secciones de madera son comúnmente utilizadas en la construcción como miembros cargados axialmente o como miembros sometidos a acciones en combinación axial y flexionante. Los miembros de una armadura, pies derechos o columnas, muros portantes y elementos arriostrados son casos típicos. Algunos ejemplos se muestran en la Figura 34.

Este capítulo cubre el diseño de madera sólida recta o productos estructurales derivados de la madera con secciones uniformes en donde las fibras se ubican de forma paralela a las longitudes de los miembros y los miembros son sometidos a acciones a efectos de compresión o tensión axial o combinaciones de acciones axiales y flexionantes. El diseño de columnas con secciones de madera laminada y columnas armadas se cubrirá en el Capítulo 8 y 10 respectivamente.

7.2. Consideraciones de diseño

Miembros cargados axialmente tienen que satisfacer las reglas de diseño relevantes y los requerimientos del EC5. Los estados límite asociados con los efectos principales de diseño para los miembros cargados de esta manera se dan en la Tabla 27. Los estados de equilibrio y condiciones de resistencia relacionados con las situaciones de falla son los estados límite. La condición de desplazamiento se relaciona con las situaciones normales de uso, sin embargo no se provee de una guía en el EC5 considerando el criterio límite para este estado. Donde pueda ocurrir la inestabilidad de un miembro, se cuenta con una limitación de la desviación máxima permitida en cuanto a su deformación, esta está dada en la sección 10, EC5.

Para las condiciones relacionadas con la resistencia, el esfuerzo de diseño es calculado y comparado con la resistencia de diseño modificada donde la resistencia se factora y se consideran los requerimientos confiables del código, cuando se usa el método de factores parciales, el esfuerzo de diseño no debe exceder la resistencia de diseño.

Cuando los miembros o estructuras están sujetos a esfuerzos combinados, por ejemplo cuando se combinan efectos de carga axial y de flexión, los efectos adicionales se incrementan. Los requerimientos de diseño para tales condiciones se cubrirán en este capítulo.

Figura 34. Ejemplos de columnas, pies derechos y muros portantes

a) Pie derecho simple

b) columna cargada excéntricamente

c) Sistema de armadura

d) Construcción de pie derecho y vigas

e) muro portante- múltiples muros

f) columna con armadura de árbol

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

Tabla 27. Requisitos principales de diseño y los estados límite asociados del EC5

Diseño o efecto de desplazamiento	Estados límite EC5
Retención de estados de equilibrio (deslizamiento, volteo, levantamiento)	ELU
Esfuerzo axial, incluyendo el efecto de inestabilidad lateral	ELU
Deflexión	ELS

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

7.3. Diseño de miembros sujetos a acciones axiales

7.3.1 Miembros sujetos a compresión axial.

Estos son elementos que están sujetos a una acción compresiva actuando paralelamente a las fibras y junto al centroide del eje *x-x* del miembro, como se muestra en la Figura 35. Tales miembros funcionan como columnas, pies derechos, miembros y muros portantes y puntales en armaduras simplemente apoyadas.

Cuando un miembro está sujeto a compresión axial su resistencia antes de fallar depende de varios factores:

- *Resistencia/rigidez* - resistencia a compresión y módulo de elasticidad de la madera
- *geometría del miembro* - longitud y tamaño de sección transversal
- *Condiciones de apoyo* - la suma de los soportes laterales y apoyos restringidos
- *imperfecciones geométricas* - desviaciones desde las dimensiones nominales, curvatura inicial e inclinación.
- *Variaciones e imperfecciones del material* - densidad, efecto de nudos, efecto de madera comprimida y contenido de humedad.

Cuando se somete a carga axial, debido a imperfecciones en la geometría del miembro o variaciones en sus propiedades, o una combinación de ambos, como la relación de esbeltez, λ, del miembro se incrementa hay una tendencia del elemento a desplazarse lateralmente y eventualmente fallar por pandeo como se muestra en la Figura 36.

La relación de esbeltez está definida como la longitud efectiva del elemento, L_e, dividido por el radio de giro, i,

$$\lambda = \frac{L_e}{i} \tag{7.1}$$

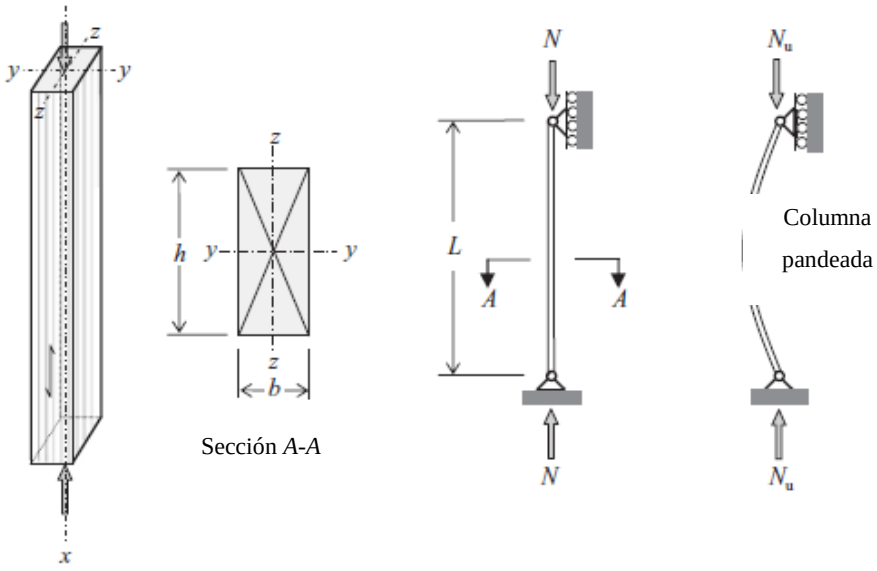
donde el radio de giro respecto a un eje $i = \sqrt{\frac{I}{A}}$, I es el segundo momento de inercia del área respectiva al eje, y A es la sección transversal del miembro.

Para cualquier miembro siempre habrá una relación de esbeltez, λ_y, respecto al eje *y-y* y un λ_z, respecto al eje *z-z* respectivamente. El pandeo ocurrirá respecto al eje con mayor relación de esbeltez.

Figura 35. Compresión axial

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

Figura 36. Pandeo de una columna

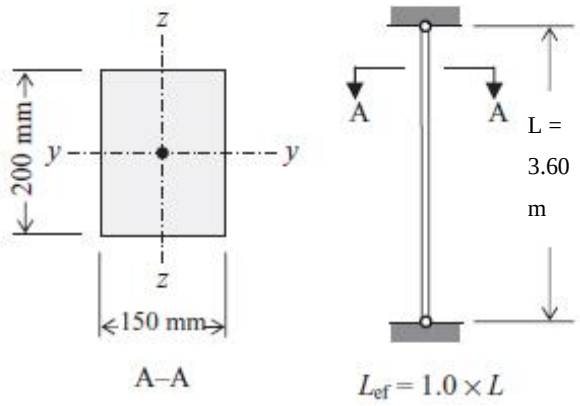


Fuente: Porteus & Kermani, 2007

La longitud efectiva L_e (o longitud de pandeo) de un miembro a compresión es la distancia a lo largo de su longitud entre puntos de inflexión o contra-flexión. Estos son puntos adyacentes donde el momento de flexión en el miembro es cero. A pesar de que el EC5 no provee información en como determinar la longitud efectiva de un miembro a compresión, al proveer conexiones de apoyo en los miembros se asegura una posición completa y control direccional donde se requiere, la guía se da en la Tabla 30, donde L_e es la longitud efectiva y L es la longitud actual de la columna. Donde no se puede asegurar una posición completa y control direccional y no se saben las propiedades de rigidez en las conexiones, se pueden determinar soluciones aproximadas usando métodos de análisis de segundo orden.

Ejemplo 7.1 La columna mostrada en la Figura 37 tiene una sección transversal de 150 mm x 200 mm, se clasifica como clase C18, y se funciona bajo condiciones de clase de servicio 2. La columna tiene 3.60 m de largo y cada extremo está fijo menos en la dirección respecto a los ejes *z-z* y *y-y*. Halle las propiedades geométricas del miembro y su relación de esbeltez respecto a los ejes *z-z* y *y-y*.

Figura 37. Viga de sección rectangular



Fuente: Elaboración propia, 2011

1. Propiedades geométricas de la columna

Longitud de la columna, L	L = 3.60 m	
Longitud efectiva respecto al eje *y–y*, $L_{e.y}$ (Tabla 28)	$L_{e.y}$= 1.0 ·L	i.e.$L_{e.y}$= 3.60m
Longitud efectiva respecto al eje *z–z*, $L_{e.z}$ (Tabla 28)	$L_{e.z}$= 1.0 ·L	i.e. $L_{e.z}$= 3.60 m
Ancho del miembro, b	b= 150 *mm*	
Profundidad del miembro, h	h= 200 *mm*	
Área de sección transversal de la columna, A	$A = b \cdot h$	$A = 3 \times 10^4 mm^2$
Segunda área de momento respecto al eje *y–y*, I_y	$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12}$	$I_y = 1 \times 10^8 mm^4$
Radio de giro respecto al eje *y–y*, i_y	$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$	$i_y = 57.74\, mm$
Relación de esbeltez respecto al eje *y–y*, λ_y	$\lambda_y = \frac{L_{e.y}}{i_y}$	$\lambda_y = 62.3$
Segunda área de momento respecto al eje *z–z*, I_z	$I_z = \frac{h \cdot b^3}{12} I_z = 5.6 \times 10^7 mm^4$	

Radio de giro respecto al eje *z–z*, i_z $\quad i_z = \sqrt{\frac{i_z}{A}} \qquad i_z = 43.3\ mm$

Relación de esbeltez respecto al eje *z–z*, λ_z $\quad \lambda_z = \frac{L_{e.z}}{i_z}\lambda_z = 83.1$

Para una columna ideal, perfectamente recta, de longitud *L* teniendo propiedades uniformes y uniones articuladas en ambos extremos, la carga axial teórica en la cual ocurrirá el pandeo respecto a su eje *y-y* o el eje *z-z* considerando el estado límite elástico del material será la carga de pandeo de Euler para el eje respectivo. Expresando la carga de pandeo de Euler en términos de la relación de esbeltez del elemento, se puede escribir como

$$P_{E,y} = \frac{\pi^2 E_{0.05} A}{\lambda_y^2} \text{y} P_{E,z} = \frac{\pi^2 E_{0.05} A}{\lambda_z^2} \tag{7.2}$$

Tabla 28. Longitud efectiva en miembros a compresión

Condiciones de soporte en los extremos del elemento	L_e/L
Soportado efectivamente en posición y dirección en ambos extremos	0.7
Soportado efectivamente en posición en ambos extremos y en dirección a un extremo	0.85
Soportado efectivamente en posición ambos extremos pero sin dirección	1
Soportado efectivamente en posición y dirección en un extremo pero y en dirección pero no en posición en el otro extremo	1.5
Soportado efectivamente en posición y dirección en un extremo y completamente libre al otro extremo	2

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

donde $P_{E,y}$ es la carga de pandeo de Euler para el eje *y-y*, $P_{E,z}$ es la carga de pandeo de Euler para el eje *z-z*, $E_{0.05}$ es el módulo de elasticidad característico del miembro, *A* es la sección transversal del miembro, $\lambda_y$es la relación de esbeltez respecto al eje *y-y*= (1.0 × *L*)/*iy*, λ_z es la relación de esbeltez respecto al eje *z-z* = (1.0 × *L*)/*iz*. Dividiendo la carga de pandeo de Euler sobre el área de la sección transversal del miembro, A, la resistencia al pandeo del miembro respecto al eje *y-y*, $\sigma_{E,y}$, y respecto al eje *z-z*, $\sigma_{E,z}$, se obtiene de la siguiente manera:

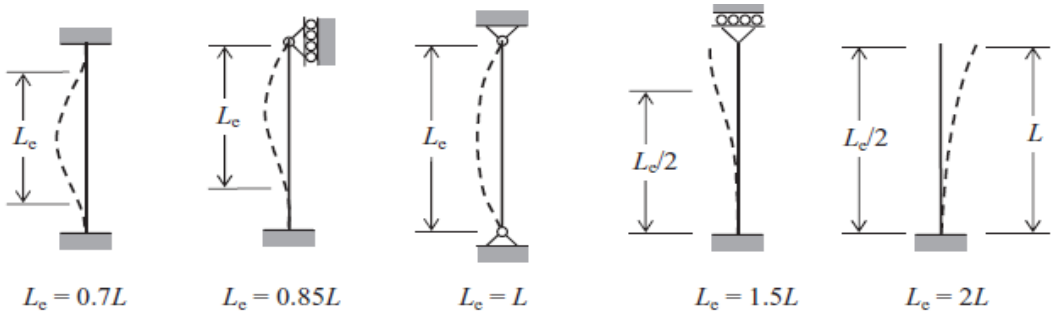
$$\sigma_{E,y} = \frac{\pi^2 E_{0.05}}{\lambda_y^2} \quad \text{y} \sigma_{E,z} = \frac{\pi^2 E_{0.05}}{\lambda_z^2} \tag{7.2a}$$

En el EC5 la raíz cuadrada de la relación de la resistencia a compresión característica de la madera en dirección paralela a las vetas longitudinales, $f_{c,0,k}$, para su resistencia al pandeo está definida como la relación de esbeltez relativa, λ_{rel}, dando la siguientes relaciones para $\lambda_{rel,y}$y$\lambda_{rel,z}$:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi}\sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0.05}}} \text{y} \lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi}\sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0.05}}} \tag{7.3}$$

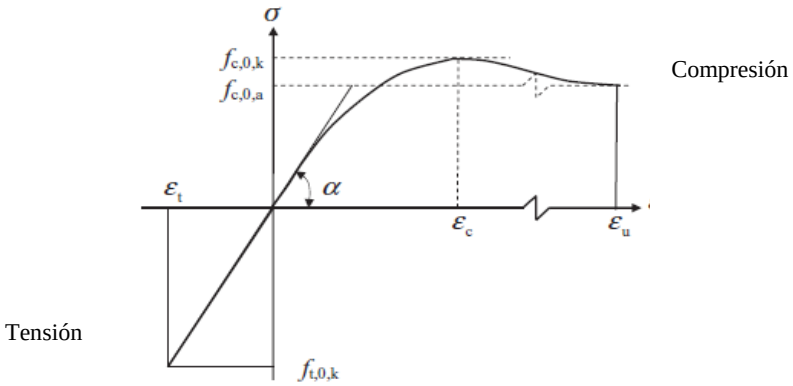
donde, para los ejes mostrados en la Figura 36, $\lambda_{rel,y}$ es la relación de esbeltez correspondiente a la flexión respecto al eje *y*-*y* (por ejemplo, el miembro se deflectará en dirección *z*), y $\lambda_{rel,z}$ es la relación de esbeltez correspondiente a la flexión respecto al eje *z*-*z* (por ejemplo, el miembro se deflectará en dirección *y*).

Figura 38. Longitud efectiva y condiciones de bordes



Fuente: Porteus & Kermani, 2007

Figura 39. Curva de esfuerzo vs deformación



Fuente: Porteus & Kermani, 2007

Cuando el miembro es corto y grueso, el pandeo no ocurrirá y la falla será de acuerdo a la resistencia de compresión propia de la madera y en el EC5 esto aplica cuando ambas $\lambda_{rel,y}$ y $\lambda_{rel,z}$ son ≤0.3. Al insertar el valor característico para $f_{c,0,k}$ y $E_{0.05}$ en la ecuación (7.3), donde λ_{rel}=0.3, la relación máxima de esbeltez del miembro será entre 16.2 y 18.1, siendo el rango ligeramente mayor para la maderas duras.

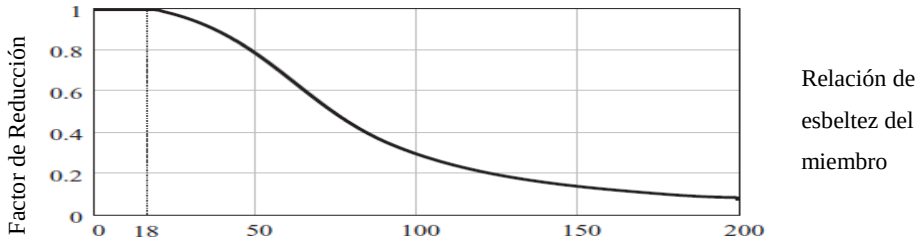
Para un miembro de sección transversal rectangular con dimensión lateral mínima, b, la longitud efectiva será obtenida de $L_E = b/\sqrt{12}\lambda_{rel}$ resultando en longitudes de columna de 4.66*b* y 5.23*b* respectivamente. Es claro que estos resultados para la mayoría de situaciones prácticas,

las condiciones de diseño son similares a diseñar basados en una falla por pandeo, en lugar que una falla por compresión.

Cuando$\lambda_{rel,y}$ y/o $\lambda_{rel,z}$ exceden 0.3, el efecto de pandeo del miembro tiene que considerarse. De la ecuación (7.3), cuando λ_{rel} = 0.3, el factor de seguridad entre una falla por pandeo bajo una carga de pandeo de Euler y una falla por compresión directa es aproximadamente 11. Esto está basado en una condición teórica idealizada asumiendo que no tiene imperfecciones de alineamiento ni defectos, y aplica el comportamiento elástico. De acuerdo a Blass, bajo carga axial la curva de esfuerzo-deformación para la madera será como se indica en la Figura 39 y al utilizar estas relaciones, tomando en consideración los efectos en el incremento de la relación de esbeltez e imperfecciones del elemento, la resistencia al pandeo de los miembros a compresión se modelado. La evaluación está basada en un análisis iterativo de segundo orden que incorpora el comportamiento de fluencia de la madera y los cambios consecuentes en la rigidez de los miembros, y la guía de diseño en el EC5 en miembros sujetos a carga axial de compresión se ha desarrollado para este trabajo.

De los análisis, para diferentes valores de resistencias de maderas se obtuvo una tabla con los valores característicos de resistencia al pandeo conforme aumenta su relación de esbeltez como se muestra en la Figura 40. Cubriendo el rango de las clases de resistencia de la madera y asociándola con sus imperfecciones geométricas, se obtuvieron las resistencias al pandeo de maderas con relaciones de esbeltez variables (y para miembros de madera laminada). A partir de estos resultados, se trazó una curva aproximada en términos de $\lambda_{rel,y}$ (o $\lambda_{rel,z}$) de la cual el factor de reducción de resistencia al pandeo, $k_{c,y}$ (o $k_{c,z}$), llamada el factor de inestabilidad en el EC5, es obtenido para madera maciza, madera microlaminada (LVL) (y MLE) en miembros sujetos a compresión axial.

Figura 40. Reducción de resistencia vs. relación de esbeltez*



*Madera maciza sujeta a compresión

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

Las ecuaciones relevantes son como siguen,

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 + \lambda_{rel,y}^2}} \tag{7.4a}$$

(EC5, ecuación (6.25))

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 + \lambda_{rel,z}^2}} \tag{7.4b}$$

(EC5, ecuación (6.26))

donde

$$k_y = 0.5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \tag{7.5a}$$

(EC5, ecuación (6.27))

$$k_z = 0.5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2 \tag{7.5b}$$

(EC5, ecuación (6.28))

yβ_c se deriva del análisis y aplica a miembros con sección rectangular en cumplimiento con los límites de rectitud permitidos en el EC5, así como también los límites de tolerancia en las dimensiones del miembro. Por ejemplo la desviación en la alineación medida al medio del miembro entre los soportes debe ser menor o igual a la longitud / 300 para miembros de madera y menor o igual a longitud/500 para madera microlaminada (LVL) (y MLE). Para estos casos la ecuación (6.29)del EC5establece que

β_c = 0.2 para madera maciza

β_c = 0.1 para madera laminada y microlaminada (LVL) (7.6)

De lo anterior, la resistencia del miembro se puede considerar como sigue,

Resistencia la pandeo respecto al eje *y-y* = $k_{c,y}\, f_{c,0,d}$ (7.7a)

Resistencia la pandeo respecto al eje *z-z* = $k_{c,z}\, f_{c,0,d}$ (7.7b)

donde$k_{c,y}$ y $k_{c,z}$ son definidos en la ecuación (7.4) y $f_{c,0,d}$es la resistencia de diseño a compresión del miembro paralelo a las vetas.

Una alternativa para evaluar $k_{c,y}$y $k_{c,z}$ usando ecuaciones (7.4)-(7.6) es usar tablas que desplieguen los valores en términos de clases de resistencia de la madera y la relación de esbeltez. La relación de esbeltez λ, ha sido utilizado preferentemente en lugar de la relación de esbeltez relativa, λ_{rel}, ya que los diseñadores se encuentran mayormente familiarizados y se tiene mayor relevancia directa con el proceso de diseño. El valor del factor de inestabilidad para la madera maciza en miembros de la clase de resistencia C14-C50, en conformidad con la norma BS EN 338:2003 para una amplia gama de relaciones de esbeltez hasta 180, está dada en la Tabla 29 a la

Tabla 31.De la Tabla 29 a la Tabla34, el valor más bajo de la relación de esbeltez para cada clase de resistencia es el valor en el cual el miembro no se pandeará y donde $k_{c,y}$ y, $k_{c,z}$ serán tomados como una unidad. Usando las ecuaciones (7.3) para evaluar la relación de esbeltez relativa, λ_{rel}, del miembro respecto al eje *y-y* y eje *z-z* y teniendo en cuenta lo anterior, el procedimiento del EC5 para diseñar elementos bajo carga axial es el siguiente:

(a) *Cuando ambos* $\lambda_{rel,y}$ *y* $\lambda_{rel,z}$ *son* $\leq 0,3$.

Bajo esta condición, el miembro no se pandeará y el requerimiento de diseño será tal que el esfuerzo de diseño no supere la resistencia de diseño, es decir,

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d} \tag{7.8}$$

(ecuación (6.2), del EC5)

donde

$\sigma_{c,0,d}$es el esfuerzo a compresión de diseño en paralelo a las vetas y:

$$\sigma_{c,0,d} = N_d/A \tag{7.9}$$

donde N_d es la carga axial de diseño y A es el área transversal del miembro.

$f_{c,0,d}$es la resistencia a la compresión de diseño paralela a las vetas y:

$$f_{c,0,d} = (k_{sys} * k_{mod} * f_{c,0,k}) / \gamma_M \tag{7.10}$$

donde k_{mod} es el factor de modificación de la duración de carga y las clases de servicio tal como se dan en la Tabla 12; k_{sys} es un factor de resistencia para los sistemas de distribución de la carga. Cuando se trata de miembros de columna este factor es irrelevante y se toma como uno; γ_M es el coeficiente parcial de las propiedades del material, dado en la Tabla 14; $f_{c,0,k}$ es la resistencia característica a compresión en paralelo a productos de madera o derivados de la madera a las vetas. Información de fuerza de la madera y el uso común de madera estructural se da en el Capítulo 4.

(b) *Cuando* $\lambda_{rel,y}$*o* $\lambda_{rel,z}$ *(o ambos)* > 0.3.

Cuando $\lambda_{rel,y}$o $\lambda_{rel,z}$ (o ambos) es superior a 0.3, el miembro puede pandearse respecto al eje *y-y* y eje *z-z*, respectivamente, y por tal condición, es preciso demostrar que si se tiene en cuenta el efecto de los factores relacionados con la inestabilidad, el esfuerzo a compresión en el miembro es menor que la resistencia a la compresión del miembro. Esto requiere que

cuando $\lambda_{rel,\,y} > 0,3$

$$\sigma_{c,0,d}/k_{c,\,y} f_{c,0,d} \leq 1 \tag{7.11a}$$

cuando $\lambda_{rel,\,z} > 0,3$

$$\sigma_{c,0,d}/k_{c,\,z} f_{c,0,d} \leq 1 \tag{7.11b}$$

es decir

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,y} f_{c,0,d} \quad (7.12)$$

y

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,z} \cdot f_{c,0,d} \quad (7.13)$$

donde $\sigma_{c,0,d}$, $f_{c,0,d}$están definidas anteriormente, y $k_{c,y}$y $k_{c,z}$ son factores de inestabilidad definidos en las ecuaciones (7.4) - (7.6). La condición crítica de diseño que surge de las ecuaciones (7.12) y (7.13) será el factor de inestabilidad de menor valor, que también se asociará al miembro que tenga la mayor relación de esbeltez.

Ejemplo 7.2 Considerando los datos de la columna presentado en el Ejemplo 7.1, si se asume que esta soporta una carga axial característica a compresión permanente (incluyendo el peso propio) de 30 kN y una carga axial característica a compresión de corta duración de 40 kN. Encuentre las propiedades del miembro en base a su clase de resistencia y luego verifique que la columna cumpla con los requerimientos de estados límite de servicio del EC5.

1. Propiedades de la madera

Tabla 3, resistencia clase C18 (BS EN 338:2003(E), *Tabla 1*)

Resistencia a compresión característica paralela al grano, $f_{c.0.k}$ $f_{c.0.k} = 18\ N/mm^2$

Módulo del quinto percentil de elasticidad paralela a las vetas, $E_{0.05}$ $E_{0.05} = 6.0\ kN/mm^2$

2. Factores de seguridad parciales

Tabla 16 (BS EN 1990:2002, *Tabla NA.A1.2(B)*) para los ELU

Cargas permanentes, Υ_G $\Upsilon_G = 1.35$

Cargas variables, Υ_Q $\Upsilon_Q = 1.5$

Tabla 14 (UKNA para EC5, *Tabla NA.3*)

Factor del material para madera maciza, Υ_M $\Upsilon_M = 1.3$

3. Cargas

Carga a compresión permanente característica, G_k $G_k = 30kN$

Carga a compresión característica variable de corta duración, Q_k $Q_k = 40\ kN$

Carga de diseño a compresión para

la combinación de carga crítica, N_d $N_d = Y_G \cdot G_k + Y_Q \cdot Q_k N_d = 1.01 \times 10^5 N$

(Tabla 16, ecuación (c) utilizando condiciones desfavorables)

4. Factores de modificación

Factor para carga de mediana duración

y clase de servicio 2, $k_{mod.med}$(Tabla 12) $k_{mod.med} = 0.8$

Factor de resistencia del sistema, k_{sis} no relevante $k_{sis} = 1.0$

5. Resistencia a compresión de la columna

El caso de carga crítica de diseño para el ELU será seleccionado debido a la combinación de cargas permanentes y cargas de mediana duración desfavorables:

Esfuerzo a compresión de diseño, $\sigma_{c.0.d}$ $\sigma_{c.0.d} = \frac{N_d}{A}$ $\sigma_{c.0.d} = 3.35 N/mm^2$

Resistencia a compresión de diseño, $f_{c.0.d} f_{c.0.d} = \frac{k_{mod.med} \cdot k_{sys} \cdot f_{c.0.d}}{\gamma M} f_{c.0.d} = 11.08\ N/mm^2$

Condición de Resistencia al pandeo (7.3.1 (EC5, *6.3.2*)):

Relación de esbeltez relativa respecto

al eje *y–y*, $\lambda_{rel.y}$ (ecuación (7.3); $\lambda_{rel.y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}}$ $\lambda_{rel.y} = 1.09$

EC5, *ecuación (6.21*))

Relación de esbeltez relativa respecto

al eje *z–z* axis, $\lambda_{rel.z}$(ecuación (7.3); $\lambda_{rel.z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}}$ $\lambda_{rel.z} = 1.44$

EC5, *ecuación (6.22)*)

Como ambas relaciones de esbeltez son mayores que 0.3, las condiciones en el punto 7.3.1(b) aplican. (EC5, *6.3.2(3)*):

Relación de esbeltez relativa máxima de la columna $\lambda_{rel.z} = 1.44$

Factor β_c para madera maciza(ecuación (7.6); (EC5,*ecuación (6.29)*) $\beta_c = 0.2$

Factor k_z(ecuación (7.5b)); $k_z = 0.5 \cdot \left[1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel.z} - 0.3) + \lambda_{rel.z}^2\right]$

EC5, *ecuación (6.28)*) $k_z = 1.66$

Factor de inestabilidad, *k*c.*z*

(ecuación (7.4b); (EC5, *ecuación 6.26)*) $k_{c.z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel.z}^2}}$ $k_{c.z} = 0.40$

Resistencia al pandeo de diseño,

$k_{c.z}f_{c.0.d}$ (ecuación (7.7b)) $\quad k_{c.z} \cdot f_{c.0.d} = 4.46\ N/mm^2$

Esfuerzo de diseño/relación de Resistencia al pandeo de diseño (ecuación (7.11b))

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.z} \cdot f_{c.0.d}} = 0.75$$

El esfuerzo de diseño es menor que la Resistencia al pandeo de diseño; por ello la sección de la madera de 150 mm por 200 mm en resistencia clase C18 cumple con los requerimientos de ELU del EC5.

Tabla 29. Valores para $k_{c,y}$o $k_{c,z}$ β_c= 0.2*

Clase de resistencia C14			Clase de resistencia C16			Clase de resistencia C18			Clase de resistencia C22		
$f_{c,0,k}$ 14 N/mm^2			$f_{c,0,k}$ 16 N/mm^2			$f_{c,0,k}$ 18 N/mm^2			$f_{c,0,k}$ 22 N/mm^2		
$E_{0.05}$ 4700 N/mm^2			$E_{0.05}$ 5400 N/mm^2			$E_{0.05}$ 6000 N/mm^2			$E_{0.05}$ 6700 N/mm^2		
λ	λ_{rel}	$k_{c,y}$ ($k_{c,z}$)	λ	λ_{rel}	$k_{c,y}$ ($k_{c,z}$)	λ	λ_{rel}	$k_{c,y}$ ($k_{c,z}$)	λ	λ_{rel}	$k_{c,y}$ ($k_{c,z}$)
16.153	0.300	1.000	16.797	0.300	1.000	17.207	0.300	1.000	17.250	0.300	1.000
20	0.371	0.984	20	0.357	0.987	20	0.349	0.989	20	0.348	0.989
25	0.464	0.960	25	0.446	0.965	25	0.436	0.968	25	0.435	0.968
30	0.557	0.932	30	0.536	0.939	30	0.523	0.943	30	0.522	0.944
35	0.650	0.899	35	0.625	0.908	35	0.610	0.914	35	0.609	0.915
40	0.743	0.856	40	0.714	0.870	40	0.697	0.878	40	0.696	0.879
45	0.836	0.804	45	0.804	0.823	45	0.785	0.834	45	0.783	0.835
50	0.929	0.741	50	0.893	0.766	50	0.872	0.781	50	0.870	0.782
55	1.021	0.673	55	0.982	0.702	55	0.959	0.720	55	0.957	0.721
60	1.114	0.605	60	1.072	0.636	60	1.046	0.655	60	1.043	0.657
65	1.207	0.540	65	1.161	0.572	65	1.133	0.591	65	1.130	0.593
70	1.300	0.482	70	1.250	0.512	70	1.220	0.531	70	1.217	0.533
75	1.393	0.430	75	1.339	0.459	75	1.308	0.477	75	1.304	0.479
80	1.484	0.387	80	1.429	0.412	80	1.395	0.429	80	1.391	0.431
85	1.579	0.347	85	1.518	0.371	85	1.482	0.387	85	1.478	0.389
90	1.671	0.313	90	1.607	0.336	90	1.569	0.351	90	1.565	0.352
95	1.764	0.284	95	1.697	0.305	95	1.656	0.318	95	1.652	0.320
100	1.857	0.258	100	1.786	0.278	100	1.743	0.290	100	1.739	0.291
105	1.950	0.236	105	1.875	0.254	105	1.831	0.265	105	1.826	0.267
110	2.043	0.217	110	1.965	0.233	110	1.918	0.244	110	1.913	0.245
115	2.136	0.199	115	2.054	0.214	115	2.005	0.224	115	2.000	0.225
120	2.229	0.184	120	2.143	0.198	120	2.092	0.207	120	2.087	0.208
125	2.322	0.170	125	2.232	0.183	125	2.179	0.192	125	2.174	0.193
130	2.414	0.158	130	2.322	0.170	130	2.266	0.178	130	2.261	0.179
135	2.507	0.147	135	2.411	0.158	135	2.354	0.166	135	2.348	0.167
140	2.600	0.137	140	2.500	0.148	140	2.441	0.155	140	2.435	0.155
145	2.693	0.128	145	2.590	0.138	145	2.528	0.145	145	2.522	0.145
150	2.786	0.120	150	2.679	0.129	150	2.615	0.136	150	2.609	0.136
155	2.879	0.113	155	2.768	0.122	155	2.702	0.127	155	2.696	0.128
160	2.972	0.106	160	2.858	0.114	160	2.789	0.120	160	2.783	0.120
165	3.064	0.100	165	2.947	0.108	165	2.877	0.113	165	2.870	0.113
170	3.157	0.094	170	3.036	0.102	170	2.964	0.107	170	2.956	0.107
175	3.250	0.089	175	3.125	0.096	175	3.051	0.101	175	3.043	0.101
180	3.343	0.084	180	3.215	0.091	180	3.138	0.095	180	3.130	0.096

Nota: La relación de esbeltez relativa, λ_{rel}, se ha incluido para obtener información.*Basados en ecuaciones (6.25)-(6.29) incluidos en el EC5.

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

Tabla 30. Valores para $k_{c,y}$o $k_{c,z}$ β_c= 0.2*

Clase de resistencia C24			Clase de resistencia C27			Clase de resistencia C30			Clase de resistencia C35		
$f_{c,0,k}$ 21 N/mm^2			$f_{c,0,k}$ 22 N/mm^2			$f_{c,0,k}$ 23 N/mm^2			$f_{c,0,k}$ 25 N/mm^2		
$E_{0.05}$ 7400 N/mm^2			$E_{0.05}$ 7700 N/mm^2			$E_{0.05}$ 8000 N/mm^2			$E_{0.05}$ 8700 N/mm^2		
λ	λ_{rel}	$k_{c,y}$ ($k_{c,z}$)	λ	λ_{rel}	$k_{c,y}$ ($k_{c,z}$)	λ	λ_{rel}	$k_{c,y}$ ($k_{c,z}$)	λ	λ_{rel}	$k_{c,y}$ ($k_{c,z}$)
17.692	0.300	1.000	17.632	0.300	1.000	17.577	0.300	1.000	17.582	0.300	1.000
20	0.339	0.991	20	0.340	0.991	20	0.341	0.991	20	0.341	0.991
25	0.424	0.971	25	0.425	0.970	25	0.427	0.970	25	0.427	0.970
30	0.509	0.948	30	0.510	0.947	30	0.512	0.947	30	0.512	0.947
35	0.593	0.920	35	0.596	0.919	35	0.597	0.919	35	0.597	0.919
40	0.678	0.887	40	0.681	0.886	40	0.683	0.885	40	0.683	0.885
45	0.763	0.846	45	0.766	0.844	45	0.768	0.843	45	0.768	0.843
50	0.848	0.796	50	0.851	0.794	50	0.853	0.793	50	0.853	0.793
55	0.933	0.739	55	0.936	0.736	55	0.939	0.734	55	0.938	0.734
60	1.017	0.676	60	1.021	0.674	60	1.024	0.671	60	1.024	0.672
65	1.102	0.614	65	1.106	0.611	65	1.109	0.608	65	1.109	0.608
70	1.187	0.554	70	1.191	0.551	70	1.195	0.548	70	1.194	0.549
75	1.272	0.499	75	1.276	0.496	75	1.280	0.494	75	1.280	0.494
80	1.357	0.450	80	1.361	0.447	80	1.365	0.445	80	1.365	0.445
85	1.441	0.406	85	1.446	0.404	85	1.451	0.402	85	1.450	0.402
90	1.526	0.368	90	1.531	0.366	90	1.536	0.364	90	1.536	0.364
95	1.611	0.335	95	1.616	0.333	95	1.621	0.331	95	1.621	0.331
100	1.696	0.305	100	1.701	0.303	100	1.707	0.302	100	1.706	0.302
105	1.780	0.279	105	1.787	0.278	105	1.792	0.276	105	1.792	0.276
110	1.865	0.256	110	1.872	0.255	110	1.877	0.253	110	1.877	0.253
115	1.950	0.236	115	1.957	0.235	115	1.963	0.233	115	1.962	0.233
120	2.035	0.218	120	2.042	0.217	120	2.048	0.216	120	2.048	0.216
125	2.120	0.202	125	2.127	0.201	125	2.133	0.200	125	2.133	0.200
130	2.204	0.188	130	2.212	0.186	130	2.219	0.185	130	2.218	0.185
135	2.289	0.175	135	2.297	0.174	135	2.304	0.173	135	2.304	0.173
140	2.374	0.163	140	2.382	0.162	140	2.389	0.161	140	2.389	0.161
145	2.459	0.153	145	2.467	0.152	145	2.475	0.151	145	2.474	0.151
150	2.544	0.143	150	2.552	0.142	150	2.560	0.141	150	2.559	0.141
155	2.628	0.134	155	2.637	0.133	155	2.645	0.133	155	2.645	0.133
160	2.713	0.126	160	2.722	0.126	160	2.731	0.125	160	2.730	0.125
165	2.798	0.119	165	2.807	0.118	165	2.816	0.118	165	2.815	0.118
170	2.883	0.112	170	2.892	0.112	170	2.901	0.111	170	2.901	0.111
175	2.967	0.106	175	2.978	0.106	175	2.987	0.105	175	2.986	0.105
180	3.052	0.101	180	3.063	0.100	180	3.072	0.099	180	3.071	0.100

Nota: La relación de esbeltez relativa, λ_{rel}, se ha incluido para obtener información. *Basados en ecuaciones (6.25)-(6.29) incluidos en el EC5.

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

Tabla 31. Valores para $k_{c,y}$o $k_{c,z}$ β_c= 0.2*

Clase de resistencia C40			Clase de resistencia C45			Clase de resistencia C50		
$f_{c,0,k}$ 26 N/mm^2			$f_{c,0,k}$ 27 N/mm^2			$f_{c,0,k}$ 29 N/mm^2		
$E_{0.05}$ 9400 N/mm^2			$E_{0.05}$ 10000 N/mm^2			$E_{0.05}$ 10700 N/mm^2		
λ	λ_{rel}	$k_{c,y}$ ($k_{c,z}$)	λ	λ_{rel}	$k_{c,y}$ ($k_{c,z}$)	λ	λ_{rel}	$k_{c,y}$ ($k_{c,z}$)
17.920	0.300	1.000	17.920	0.300	1.000	17.920	0.300	1.000
20	0.335	0.992	20	0.331	0.993	20	0.331	0.993
25	0.419	0.972	25	0.413	0.973	25	0.414	0.973
30	0.502	0.950	30	0.496	0.951	30	0.497	0.951
35	0.586	0.923	35	0.579	0.925	35	0.580	0.925
40	0.670	0.890	40	0.662	0.894	40	0.663	0.893
45	0.753	0.851	45	0.744	0.855	45	0.746	0.855
50	0.837	0.803	50	0.827	0.809	50	0.829	0.808
55	0.921	0.747	55	0.910	0.755	55	0.911	0.754
60	1.004	0.686	60	0.992	0.695	60	0.994	0.694
65	1.088	0.624	65	1.075	0.633	65	1.077	0.632
70	1.172	0.564	70	1.158	0.574	70	1.160	0.572
75	1.256	0.509	75	1.240	0.518	75	1.243	0.517
80	1.339	0.459	80	1.323	0.468	80	1.326	0.467
85	1.423	0.415	85	1.406	0.424	85	1.409	0.422
90	1.507	0.376	90	1.489	0.384	90	1.491	0.383
95	1.590	0.342	95	1.571	0.350	95	1.574	0.348
100	1.674	0.312	100	1.654	0.319	100	1.657	0.318
105	1.758	0.286	105	1.737	0.292	105	1.740	0.291
110	1.841	0.263	110	1.819	0.268	110	1.823	0.267
115	1.925	0.242	115	1.902	0.247	115	1.906	0.246
120	2.009	0.223	120	1.985	0.229	120	1.989	0.228
125	2.093	0.207	125	2.067	0.212	125	2.071	0.211
130	2.176	0.192	130	2.150	0.197	130	2.154	0.196
135	2.260	0.179	135	2.233	0.183	135	2.237	0.183
140	2.344	0.167	140	2.316	0.171	140	2.320	0.170
145	2.427	0.156	145	2.398	0.160	145	2.403	0.159
150	2.511	0.147	150	2.481	0.150	150	2.486	0.149
155	2.595	0.138	155	2.564	0.141	155	2.569	0.140
160	2.267	0.130	160	2.646	0.133	160	2.651	0.132
165	2.762	0.122	165	2.729	0.125	165	2.734	0.124
170	2.846	0.115	170	2.812	0.118	170	2.817	0.118
175	2.930	0.109	175	2.894	0.112	175	2.900	0.111
180	3.013	0.103	180	2.977	0.106	180	2.983	0.105

Nota: La relación de esbeltez relativa, λ_{rel}, se ha incluido para obtener información. *Basados en ecuaciones (6.25)-(6.29) incluidos en el EC5.

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

Tabla 32. Valores para $k_{c,y}$o $k_{c,z}$ con β_c= 0.1*

Clase de resistencia C14			Clase de resistencia C16			Clase de resistencia C18			Clase de resistencia C22		
$f_{c,0,k}$ 16 N/mm^2			$f_{c,0,k}$ 17 N/mm^2			$f_{c,0,k}$ 18 N/mm^2			$f_{c,0,k}$ 22 N/mm^2		
$E_{0.05}$ 4700 N/mm^2			$E_{0.05}$ 5400 N/mm^2			$E_{0.05}$ 6000 N/mm^2			$E_{0.05}$ 6700 N/mm^2		
λ	λ_{rel}	$k_{c,y}$ ($k_{c,z}$)	λ	λ_{rel}	$k_{c,y}$ ($k_{c,z}$)	λ	λ_{rel}	$k_{c,y}$ ($k_{c,z}$)	λ	λ_{rel}	$k_{c,y}$ ($k_{c,z}$)
16.153	0.300	1.000	16.797	0.300	1.000	17.207	0.300	1.000	17.250	0.300	1.000
20	0.371	0.992	20	0.357	0.993	20	0.349	0.994	20	0.348	0.995
25	0.464	0.980	25	0.446	0.982	25	0.436	0.984	25	0.435	0.984
30	0.557	0.965	30	0.536	0.968	30	0.523	0.971	30	0.522	0.971
35	0.650	0.945	35	0.625	0.951	35	0.610	0.954	35	0.609	0.954
40	0.743	0.918	40	0.714	0.927	40	0.697	0.932	40	0.696	0.933
45	0.836	0.878	45	0.804	0.894	45	0.785	0.902	45	0.783	0.903
50	0.929	0.822	50	0.893	0.846	50	0.872	0.859	50	0.870	0.860
55	1.021	0.750	55	0.982	0.782	55	0.959	0.800	55	0.957	0.802
60	1.114	0.671	60	1.072	0.708	60	1.046	0.730	60	1.043	0.732
65	1.207	0.595	65	1.161	0.632	65	1.133	0.655	65	1.130	0.658
70	1.300	0.526	70	1.250	0.562	70	1.220	0.584	70	1.217	0.587
75	1.393	0.466	75	1.339	0.500	75	1.308	0.521	75	1.304	0.523
80	1.484	0.416	80	1.429	0.445	80	1.395	0.465	80	1.391	0.467
85	1.579	0.371	85	1.518	0.399	85	1.482	0.417	85	1.478	0.419
90	1.671	0.333	90	1.607	0.359	90	1.569	0.375	90	1.565	0.377
95	1.764	0.301	95	1.697	0.324	95	1.656	0.339	95	1.652	0.341
100	1.857	0.273	100	1.786	0.294	100	1.743	0.308	100	1.739	0.309
105	1.950	0.249	105	1.875	0.268	105	1.831	0.281	105	1.826	0.282
110	2.043	0.227	110	1.965	0.245	110	1.918	0.257	110	1.913	0.258
115	2.136	0.209	115	2.054	0.225	115	2.005	0.236	115	2.000	0.237
120	2.229	0.192	120	2.143	0.207	120	2.092	0.217	120	2.087	0.218
125	2.322	0.177	125	2.232	0.191	125	2.179	0.201	125	2.174	0.202
130	2.414	0.164	130	2.322	0.177	130	2.266	0.186	130	2.261	0.187
135	2.507	0.153	135	2.411	0.165	135	2.354	0.173	135	2.348	0.174
140	2.600	0.142	140	2.500	0.154	140	2.441	0.161	140	2.435	0.162
145	2.693	0.133	145	2.590	0.143	145	2.528	0.150	145	2.522	0.151
150	2.786	0.124	150	2.679	0.134	150	2.615	0.141	150	2.609	0.141
155	2.879	0.117	155	2.768	0.126	155	2.702	0.132	155	2.696	0.133
160	2.972	0.110	160	2.858	0.118	160	2.789	0.124	160	2.783	0.125
165	3.064	0.103	165	2.947	0.111	165	2.877	0.117	165	2.870	0.117
170	3.157	0.097	170	3.036	0.105	170	2.964	0.110	170	2.956	0.111
175	3.250	0.089	175	3.125	0.099	175	3.051	0.104	175	3.043	0.105
180	3.343	0.084	180	3.215	0.094	180	3.138	0.098	180	3.130	0.099

Nota: La relación de esbeltez relativa, λ_{rel}, se ha incluido para obtener información. *Basados en ecuaciones (6.25)-(6.29) incluidos en el EC5.

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

Tabla 33. Valores para $k_{c,y}$o $k_{c,z}$ β_c= 0.1*

Clase de resistencia C24			Clase de resistencia C27			Clase de resistencia C30			Clase de resistencia C35		
$f_{c,0,k}$ 21 N/mm^2			$f_{c,0,k}$ 22 N/mm^2			$f_{c,0,k}$ 23 N/mm^2			$f_{c,0,k}$ 25 N/mm^2		
$E_{0.05}$ 7400 N/mm^2			$E_{0.05}$ 7700 N/mm^2			$E_{0.05}$ 8000 N/mm^2			$E_{0.05}$ 8700 N/mm^2		
λ	λ_{rel}	$k_{c,y}$ ($k_{c,z}$)	λ	λ_{rel}	$k_{c,y}$ ($k_{c,z}$)	λ	λ_{rel}	$k_{c,y}$ ($k_{c,z}$)	λ	λ_{rel}	$k_{c,y}$ ($k_{c,z}$)
17.692	0.300	1.000	17.632	0.300	1.000	17.577	0.300	1.000	17.582	0.300	1.000
20	0.339	0.996	20	0.340	0.995	20	0.341	0.995	20	0.341	0.995
25	0.424	0.985	25	0.425	0.985	25	0.427	0.985	25	0.427	0.985
30	0.509	0.973	30	0.510	0.973	30	0.512	0.972	30	0.512	0.972
35	0.593	0.958	35	0.596	0.957	35	0.597	0.957	35	0.597	0.957
40	0.678	0.938	40	0.681	0.937	40	0.683	0.936	40	0.683	0.936
45	0.763	0.910	45	0.766	0.909	45	0.768	0.908	45	0.768	0.908
50	0.848	0.872	50	0.851	0.870	50	0.853	0.869	50	0.853	0.869
55	0.933	0.819	55	0.936	0.817	55	0.939	0.815	55	0.938	0.815
60	1.017	0.754	60	1.021	0.751	60	1.024	0.748	60	1.024	0.749
65	1.102	0.682	65	1.106	0.679	65	1.109	0.676	65	1.109	0.676
70	1.187	0.611	70	1.191	0.608	70	1.195	0.605	70	1.194	0.605
75	1.272	0.546	75	1.276	0.543	75	1.280	0.540	75	1.280	0.540
80	1.357	0.489	80	1.361	0.486	80	1.365	0.483	80	1.365	0.483
85	1.441	0.438	85	1.446	0.436	85	1.451	0.433	85	1.450	0.434
90	1.526	0.395	90	1.531	0.393	90	1.536	0.390	90	1.536	0.390
95	1.611	0.357	95	1.616	0.355	95	1.621	0.353	95	1.621	0.353
100	1.696	0.324	100	1.701	0.322	100	1.707	0.321	100	1.706	0.321
105	1.780	0.296	105	1.787	0.294	105	1.792	0.292	105	1.792	0.292
110	1.865	0.271	110	1.872	0.269	110	1.877	0.267	110	1.877	0.268
115	1.950	0.249	115	1.957	0.247	115	1.963	0.246	115	1.962	0.246
120	2.035	0.229	120	2.042	0.228	120	2.048	0.226	120	2.048	0.226
125	2.120	0.212	125	2.127	0.210	125	2.133	0.209	125	2.133	0.209
130	2.204	0.196	130	2.212	0.195	130	2.219	0.194	130	2.218	0.194
135	2.289	0.182	135	2.297	0.181	135	2.304	0.180	135	2.304	0.180
140	2.374	0.170	140	2.382	0.169	140	2.389	0.168	140	2.389	0.168
145	2.459	0.159	145	2.467	0.158	145	2.475	0.157	145	2.474	0.157
150	2.544	0.149	150	2.552	0.148	150	2.560	0.147	150	2.559	0.147
155	2.628	0.139	155	2.637	0.138	155	2.645	0.138	155	2.645	0.138
160	2.713	0.131	160	2.722	0.130	160	2.731	0.129	160	2.730	0.129
165	2.798	0.123	165	2.807	0.122	165	2.816	0.122	165	2.815	0.122
170	2.883	0.116	170	2.892	0.115	170	2.901	0.115	170	2.901	0.115
175	2.967	0.110	175	2.978	0.109	175	2.987	0.108	175	2.986	0.108
180	3.052	0.104	180	3.063	0.103	180	3.072	0.103	180	3.071	0.103

Nota: La relación de esbeltez relativa, λ_{rel}, se incluye para obtener información. *Basados en ecuaciones (6.25)-(6.29) incluidos en el EC5.

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

Tabla 34.Valores para $k_{c,y}$o $k_{c,z}$ β_c= 0.1

Clase de resistencia C40			Clase de resistencia C45			Clase de resistencia C50		
$f_{c,0,k}$ 26 N/mm^2			$f_{c,0,k}$ 27 N/mm^2			$f_{c,0,k}$ 29 N/mm^2		
$E_{0.05}$ 9400 N/mm^2			$E_{0.05}$ 10000 N/mm^2			$E_{0.05}$ 10700 N/mm^2		
λ	λ_{rel}	$k_{c,y}$ ($k_{c,z}$)	λ	λ_{rel}	$k_{c,y}$ ($k_{c,z}$)	λ	λ_{rel}	$k_{c,y}$ ($k_{c,z}$)
17.920	0.300	1.000	17.920	0.300	1.000	17.920	0.300	1.000
20	0.335	0.996	20	0.331	0.997	20	0.331	0.996
25	0.419	0.986	25	0.413	0.987	25	0.414	0.986
30	0.502	0.974	30	0.496	0.975	30	0.497	0.975
35	0.586	0.959	35	0.579	0.960	35	0.580	0.960
40	0.670	0.940	40	0.662	0.942	40	0.663	0.942
45	0.753	0.914	45	0.744	0.917	45	0.746	0.917
50	0.837	0.878	50	0.827	0.883	50	0.829	0.882
55	0.921	0.828	55	0.910	0.835	55	0.911	0.834
60	1.004	0.765	60	0.992	0.774	60	0.994	0.773
65	1.088	0.694	65	1.075	0.705	65	1.077	0.703
70	1.172	0.623	70	1.158	0.635	70	1.160	0.633
75	1.256	0.558	75	1.240	0.569	75	1.243	0.567
80	1.339	0.500	80	1.323	0.510	80	1.326	0.509
85	1.423	0.449	85	1.406	0.459	85	1.409	0.457
90	1.507	0.404	90	1.489	0.413	90	1.491	0.412
95	1.590	0.366	95	1.571	0.374	95	1.574	0.373
100	1.674	0.332	100	1.654	0.340	100	1.657	0.339
105	1.758	0.303	105	1.737	0.310	105	1.740	0.309
110	1.841	0.277	110	1.819	0.284	110	1.823	0.283
115	1.925	0.255	115	1.902	0.261	115	1.906	0.260
120	2.009	0.235	120	1.985	0.240	120	1.989	0.239
125	2.093	0.217	125	2.067	0.222	125	2.071	0.221
130	2.176	0.201	130	2.150	0.206	130	2.154	0.205
135	2.260	0.187	135	2.233	0.191	135	2.237	0.191
140	2.344	0.174	140	2.316	0.178	140	2.320	0.178
145	2.427	0.163	145	2.398	0.167	145	2.403	0.166
150	2.511	0.152	150	2.481	0.156	150	2.486	0.155
155	2.595	0.143	155	2.564	0.146	155	2.569	0.146
160	2.679	0.134	160	2.646	0.137	160	2.651	0.137
165	2.762	0.126	165	2.729	0.129	165	2.734	0.129
170	2.846	0.119	170	2.812	0.122	170	2.817	0.122
175	2.930	0.113	175	2.894	0.115	175	2.900	0.115
180	3.013	0.107	180	2.977	0.109	180	2.983	0.109

Nota: La relación de esbeltez relativa, λ_{rel}, se incluye para obtener información. *Basados en ecuaciones (6.25)-(6.29) incluidos en el EC5.

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

7.3.2 Miembros sujetos a compresión con un ángulo respecto a la dirección de las vetas.

Esta es una condición de estado límite último y utilizando la relación empírica desarrollada por Hankinson, la resistencia a fallar relacionado a un producto de madera cuando se someten a un acción resultante de compresión en un ángulo α con el grano, $f_{c,\alpha}$, como se muestra en la Figura 41, puede darse en términos de su fuerza paralela a la veta ($f_{C,0}$) y perpendicular a la dirección de las vetas ($f_{C,90}$) como se muestra a continuación:

$$f_{c,\alpha} = \frac{f_{c,0} f_{c,90}}{f_{c,0}(\sin\alpha)^n + f_{c,90}(\cos\alpha)^n}$$

El valor del exponente "*n*" de productos de madera es generalmente tomado como 2 y de la relación dada en la ecuación (7.22) para los miembros cargados en la compresión perpendicular a la veta (es decir, $k_{c,90}\ f_{c,90,d}$).

La resistencia a la compresión del material en este ángulo, $f_{c,\alpha,d}$, se puede escribir como:

$$f_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} f_{c,90,d}}(\sin\alpha)^2 + (\cos\alpha)^2} \qquad (7.14)$$

Donde la función de $f_{c,0,d}$ es como se describe en el punto 7.3.1, y el $f_{C,90,d}$ es la resistencia a compresión de diseño perpendicular a la veta de la madera y se obtiene como se describe en la ecuación (7.23) y $k_{C,90}$ es como se describe seguidamente a la ecuación (7.23).

Este es el criterio de resistencia utilizado en el EC5 y donde el miembro en la Figura 41 es de b mm de ancho y se somete a un esfuerzo de diseño a la compresión, $\sigma_{c,\alpha,d}$, a un ángulo α respecto a las fibras. De la ecuación (7.14) la condición de diseño que debe cumplirse será

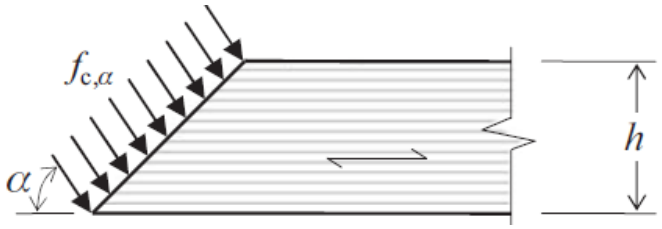
$$\sigma_{c,\alpha,d} \leq \frac{f_{c,0,d}}{\frac{f_{c,0,d}}{k_{c,90} f_{c,90,d}}(\sin\alpha)^2 + (\cos\alpha)^2} \qquad (7.15)$$

(EC5, ecuación (6.16))

donde estas funciones son descritas anteriormente y $\sigma_{c,\alpha,d}$ es el esfuerzo a compresión de diseño, y si este se genera por una carga de diseño N_d actuando sobre el área de influencia ($bh / cos\ \alpha$), entonces

$$\sigma_{c,\alpha,d} = \frac{N_d \cos\alpha}{bh}$$

Figura 41. Resistencia a compresión con un ángulo *α* respecto a las fibras



Fuente: Porteus & Kermani, 2007

7.3.3 Miembros sujetos a tensión axial. Estos son miembros que están sometidos a una acción de tensión que actúa paralela a la veta y a través del eje *x-x* centroidal del miembro, como se muestra en la Figura 42. Dichos miembros funcionan como los lazos de una armadura articulada y proporcionan resistencia a tensión ante las fuerzas transmitidas por los muros.

Aunque la resistencia a la tensión, $f_{t,0,k}$, de muestras de maderas claras es mayor que la resistencia a compresión, $f_{c,0,k}$, debido a que la falla por tensión se produce de modo frágil en lugar de ser dúctil y también por su sensibilidad a los efectos del ángulo de las fibras, nudos y otros defectos, la resistencia a la tensión de la madera estructural es generalmente menor que la resistencia a compresión. Éste es el caso particular de las clases de menor resistencia.

Los miembros a tensión no se pandean por lo que las consideraciones de esbeltez son relevantes si existe el riesgo de una condición de inversión de esfuerzos, por ejemplo, debido al efecto de la carga del viento sobre los miembros en los marcos de armadura o en muros.

Un miembro a tensión debe verificarse en su punto más débil, y esto normalmente será en las conexiones. Luego que el miembro sea seleccionado, se realiza el diseño de la conexión, donde el diseño de los miembros a tensión normalmente implica un proceso de prueba y error. Se hacen supuestos en cuanto al tipo y tamaño de las conexiones a utilizar y se adecua el miembro a tensión en el lugar de conexión, el cual permite una pérdida de área debido a la conexión asumida. Después de las conexiones se han diseñado, el miembro es revisado de nuevo teniendo en cuenta el área neta transversal actual. Cabe señalar que en el EC5, 4.2 (3), el efecto en la pérdida de área de sección transversal puede ser ignorado en los ganchos y tornillos con un diámetro de 6 mm o menor utilizados sin perforación previa. Sin embargo, según lo requiere el EC5, 4.2 (4), todos los agujeros a una distancia de la mitad del espacio mínimo entre conectores

medida en paralelo a las vetas de una determinada sección transversal deben ser tomados como que actúan en esa sección.

El procedimiento del EC5 para el diseño de miembros cargados axialmente es el siguiente:

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d} \qquad (7.16)$$

(delEC5, ecuación (6.1))

Figura 42. Tensión axial

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

donde:

- $\sigma_{t,0,d}$ es el esfuerzo de tensión de diseño paralelo a las vetas, y

  $$\sigma_{t,0,d} = N_d/A_{net} \qquad (7.17)$$

  donde N_d es la carga axial de diseño y A_{net} es el área neta de la sección transversal después de considerar el efecto de la conexión. Si las conexiones son diferentes en cada extremo del miembro, el extremo con el mínimo de área neta de sección transversal debe ser utilizado.

- $f_{t,0,d}$ es la resistencia de tesón de diseño paralelo a las vetas, y

  $$f_{t,0,d} = \frac{k_{mod} k_{sys} k_h f_{t,0,k}}{\gamma_M} \qquad (7.18)$$

  donde k_{mod} y k_{sys} son tal como se define en la ecuación (7.10), y k_h es el efecto en el factor de modificación del tamaño para los miembros en tensión, descritos en el Capítulo 5 y basados en la Tabla 19. Se debe ser utilizar la mayor dimensión del área transversal del miembro para evaluar el factor. Cuando se trata de madera microlaminada (LVL), el factor se define como k_y y se asocia con la longitud del miembro. $f_{t,0,k}$ es la resistencia característica de tensión de la madera o de productos a base de madera en paralelo a las vetas. La información de la resistencia de la madera y los productos de uso estructural a base de madera se mencionan en el Capítulo 4.

Ejemplo 7.3 Una sección de 40 mm ×125 mm de un miembro de madera de resistencia clase C18 funcionando bajo condiciones de clase de servicio 2 en una armadura de madera sujeta a una carga axial característica permanente de 2.5 kN y una carga axial variable de mediana duración de

3.5 kN. El miembro está articulado en los extremos para acomodar la fijación, 8% del área de la sección transversal es removida en un extremo y 10% en el otro extremo. El efecto de flexión en el miembro debido a su propio peso se puede ignorar.

Verifique que el miembro cumpla con los requerimientos del EC5 en los ELU.

1. Propiedades geométricas

Espesor del miembro, t_1 $t_1 = 40\ mm$

Ancho del miembro, h $h = 125\ mm$

Área de sección transversal del miembro, $AA = t_1 \cdot hA = 5.00 \times 10^3 mm^2$

Área neta del miembro- basada en

el área mínima – (100% − 10%), $A_{net} A_{net} = 0.9 \cdot AA_{net} = 4.5 \times 10^3\ mm^2$

2. Propiedades de la madera

Tabla 3, resistencia clase C18 (BS EN 338:2003(E), Tabla 1)

Resistencia a la tensión característica

paralela a las vetas, $f_{t.0.k}$ $f_{t.0.k} = 11\ N/mm^2$

3. Factores de seguridad parciales

Cargas permanentes, $\Upsilon_G \Upsilon_G = 1.35$

Cargas variables, Υ_Q $\Upsilon_Q = 1.5$

Tabla 14 (UKNA para EC5, *Tabla NA.3*)

Factor del material para madera maciza, Υ_M $\Upsilon_M = 1.3$

4. Cargas

Carga a tensión

permanente característica, G_k $G_k = 2.5kN$

Carga a tensión característica

variable de corta duración, Q_k $Q_k = 3.5\ kN$

Carga de diseño a tensión para

la combinación de carga crítica, $N_d N_d = Y_G \cdot G_k + Y_Q \cdot Q_k N_d = 8.63\ \times\ 10^3 N$

(Tabla 16, ecuación (c) utilizando condiciones desfavorables)

5. Factores de modificación

Factor para carga de mediana duración

y clase de servicio 2, $k_{mod.med}$ $k_{mod.med} = 0.8$

(Tabla 20. (EC5, *Tabla 3.1*))

Factor de tamaño, k_h (Tabla 19; EC5, *ecuación (3.1)*)

$$k_h = \begin{cases} 1.0 & si \quad h \geq 150mm \\ \left(\frac{150\ mm}{h}\right)^{0.2} & si \quad 1.3 > \left(\frac{150\ mm}{h}\right)^{0.2} \\ 1.3 & para\ otros\ casos \end{cases}$$

$$k_h = 1.04$$

Factor de resistencia del sistema, $k_{sis} = 1.0$

k_{sis} – no relevante

6. Resistencia a la tensión de la madera

El caso de carga crítica de diseño para el ELU será seleccionado debido a la combinación de cargas permanentes y cargas de mediana duración desfavorables:

Esfuerzo de tensión de diseño

paralelo a las vetas, $\sigma_{t.0.d}$ $\sigma_{t.0.d} = \frac{N_d}{A_{net}}$ $\sigma_{t.0.d} = 1.92\ \mathrm{N/mm^2}$

Resistencia a la tensión de diseño paralela a las vetas, $f_{t.0.d}$

$$f_{t.0.d} = \frac{k_{mod.med} \cdot k_{sys} \cdot k_h \cdot f_{t.0.k}}{\gamma M} \qquad f_{t.0.d} = 7.02\ \mathrm{N/mm^2}$$

(ecuación (7.18))

El esfuerzo de tensión de diseño es menor que la resistencia de tensión de diseño; para ello los 40 mm por 125 mm de sección en resistencia clase C18 cumple con los requerimientos de ELU del EC5.

7.4. Miembros sujetos a flexión y carga axial combinados

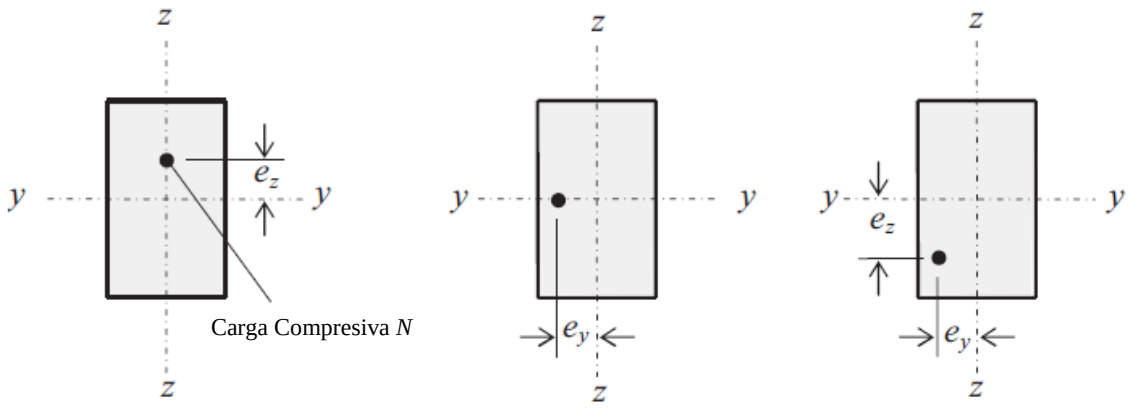
Cuando los efectos de inestabilidad se deben considerar en el EC5, los requisitos para la validación de la resistencia de una columna sometida a compresión y flexión son distintos a los requisitos de validación de la resistencia de una viga sometida a compresión y flexión combinadas.

Se acepta algunos casos donde se aplicarán normas distintas, sin embargo, se considera que generalizar una categoría puede resultar inseguro y el procedimiento de diseño dado en los

siguientes sub-secciones aplican a cualquier miembro sometido a compresión axial y flexión combinadas con limitaciones dadas para la aplicabilidad del procedimiento de acuerdo a los criterios utilizados en el EC5.

7.4.1. Donde no ocurrirá la inestabilidad torsional lateral debida a la flexión respecto al eje fuerte. Estos son miembros que están sujetos a una combinación de compresión directa y flexión, donde la inestabilidad torsional lateral del miembro no puede ocurrir. Esto implica que la esbeltez relativa para flexión, $\lambda_{rel,m}$, respecto al eje mayor (descrito en la sección 6.5.1.2), será ≤ 0.75. Los miembros sujetos a carga axial y cargas laterales combinadas o, como se muestra en la Figura 43, a cargas compresivas excéntricas actuando a lo largo de la dirección del eje x-x, se dan en esta categoría.

Figura 43. Cargas excéntricas



(a) Carga excéntrica equivalente a la carga axial = *N* . $M_{y\text{-}y} = N*e_z$

(b) Carga excéntrica equivalente a la carga axial = *N* $M_{z\text{-}z} = N*e_y$

(c) Carga excéntrica equivalente a la carga axial = *N* $M_{y\text{-}y} = N*e_z M_{z\text{-}z} = N*e_y$

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

El comportamiento de un miembro bajo compresión axial pura se explica en el punto 7.3.1, y en donde no puede ocurrir la inestabilidad torsional lateral, se pueden presentar dos modos de falla.

(a) Donde ambos $\lambda_{rel,y}$ y $\lambda_{rel,z}$ son ≤ 0.3, el comportamiento de pandeo es irrelevante y la falla se basará en la resistencia a compresión del miembro.

(b) Donde ambos $\lambda_{rel,y}$ y $\lambda_{rel,z}$ son >0.3, puede surgir el pandeo y la falla se basará en la resistencia a compresión del miembro multiplicado por el factor de inestabilidad asociado, es decir, $k_{c,y}$(o $k_{c,z}$).

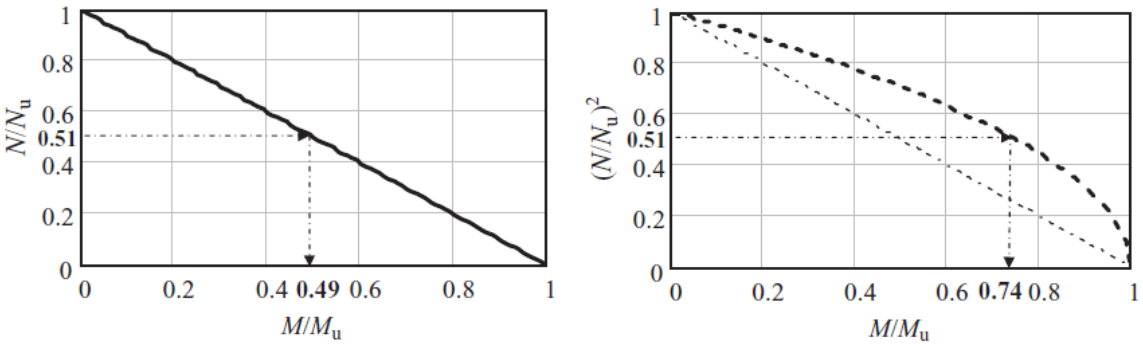
El requerimiento de diseño en el EC5 para las condiciones de arriba son:

(a) Ambos $\lambda_{rel,y}$ y $\lambda_{rel,z}$ son $\leq$ 0.3.Como no existe reducción en la resistencia debido al pandeo bajo esta condición, el EC5 aprovecha las ventajas de la resistencia asociada con el comportamiento plástico de la madera cuando es sometida a esfuerzos de compresión.

La Figura 44 muestra los diagramas de interacción para un elemento sujeto a momentos flexionantes y compresión axial combinados basados en la aplicación de la teoría elástica y plástica. Bajo la teoría elástica, la condición de falla ocurrirá cuando la combinación de esfuerzo a compresión en el miembro alcance la resistencia a compresión del material. Cuando la teoría plástica aplica, el material fluye cuando alcanza la resistencia a compresión permitiendo que el esfuerzo en la sección se extienda sobre la superficie y aumente su resistencia.

Al aproximar con la teoría elástica, la suma de los esfuerzos axiales y flexionantes combinados hasta las relaciones de resistencia no pueden exceder la unidad. Sin embargo, con la solución de la teoría plástica, el esfuerzo axial para la relación de resistencia axial se torna en una función cuadrada permitiendo al miembro tomar un valor mayor de esfuerzo de flexión para la taza de resistencia a flexión para el mismo valor del esfuerzo axial para la taza de esfuerzo axial. Por ejemplo, con un esfuerzo axial para una relación de resistencia de 0.51, la resistencia se incrementa cuando se usa la teoría plástica en lugar de la teoría elástica en aproximadamente 50%.

Figura 44. Diagramas de interacción para compresión axial y flexión combinados



(a) Interacción de teoría elástica (b) Interacción de teoría plástica

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

Debido al comportamiento plástico de la madera bajo compresión, el EC5 adopta el enfoque de la teoría plástica cuando ambos $\lambda_{rel,y}$ y $\lambda_{rel,z}$ son ≤ 0.3, y el diagrama de interacción para el diseño de miembros sometidos a compresión axial y flexión con el factor k_m aplicado a la relación de momentos respecto al eje *x-x* será como se muestra en la Figura 45. Las ecuaciones de diseño para esta condición y para la otra condición donde el factor k_m es aplicado a la relación de momentos respecto al eje *y-y* son:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \qquad (7.19)$$

(EC5, ecuación (6.19))

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \qquad (7.20)$$

(EC5, ecuación (6.20))

donde las funciones de los esfuerzos de flexión se definen en el capítulo 3 y, debido a factores de tamaño, la resistencia a flexión puede diferir en el eje *y-y* respecto al eje *x-x*.

Ya que las ecuaciones (7.19) y (7.20) no incluyen para los efectos de inestabilidad torsional lateral, estos son únicamente válidos para los casos donde no puede ocurrir o se previene el pandeo lateral torsional en el miembro (por ejemplo, miembros en los cuales su sección transversal es cuadrada o circular, o la relación de esbeltez relativa para pandeo es ≤ 0.75).

(b) Si $\lambda_{rel,y}$ y/o $\lambda_{rel,z} > 0.3$.Bajo esta condición, debido a que se deben considerar los efectos de la carga axial de pandeo, no se obtienen beneficios sobre el comportamiento plástico en el elemento y la carga última se logra cuando el material alcanza su resistencia de falla en la fibra extrema. Esto es congruente con la interacción de la teoría elástica mostrada en la Figura 44 inciso (a).

Con esta aproximación, el procedimiento del EC5 para el diseño de miembros sujetos a compresión axial y flexión combinada cuando $\lambda_{rel,y}$ o $\lambda_{rel,z}$ exceden 0.3 se muestra en la Figura 46 y requiere:

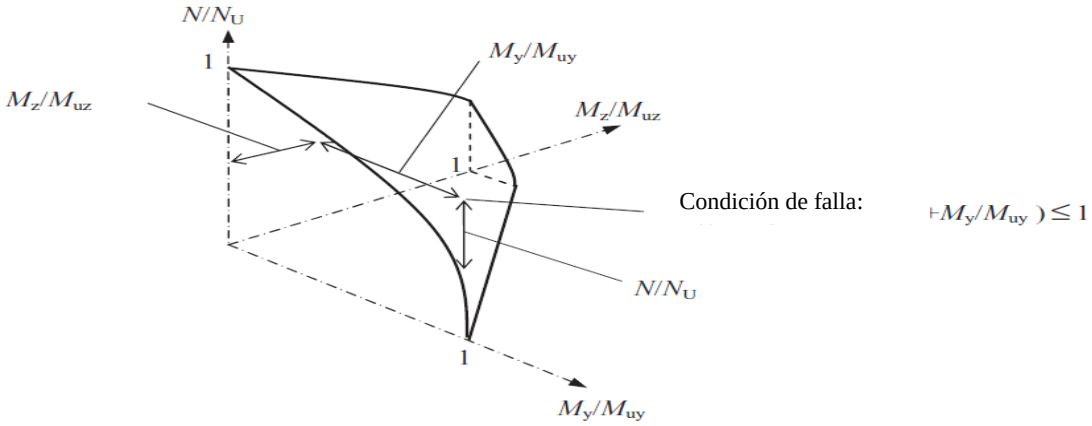
$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \qquad (7.21)$$

(EC5, ecuación (6.23))

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \qquad (7.22)$$

(EC5, ecuación (6.24))

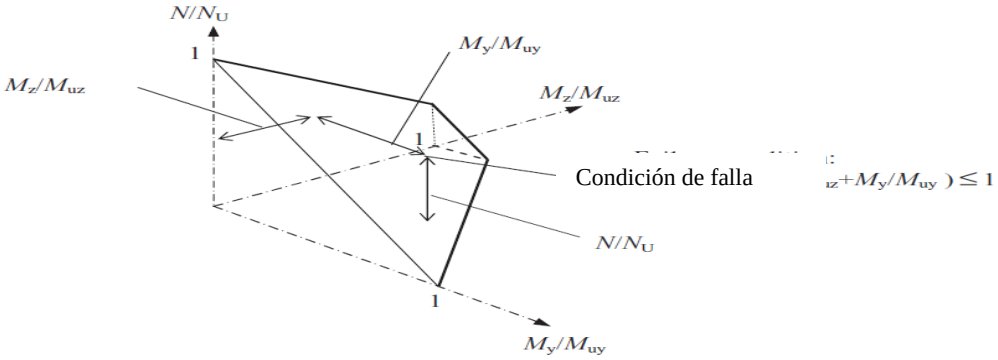
Figura 45. Curva de interacción de fuerza axial y momento*



*para flexión biaxial cuando ambos $\lambda_{rel,y}$ y $\lambda_{rel,z} \leq 0.3$ y con un factor k_m aplicado a la relación de momentos respecto al eje *z*-*z*.

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

Figura 46. Curva de interacción de fuerza axial y momento*



*para flexión biaxial cuando cualquiera entre $\lambda_{rel,y}$ o $\lambda_{rel,z}$>0.3, y con un factor k_m aplicado a la relación de momentos respecto al eje *z*-*z*.

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

Donde las funciones permanecen como se definieron anteriormente, y como las ecuaciones (7.19) y (7.20), donde los factores de tamaño son relevantes, la resistencia a flexión respecto al eje y-y y al eje z-z pueda diferir.

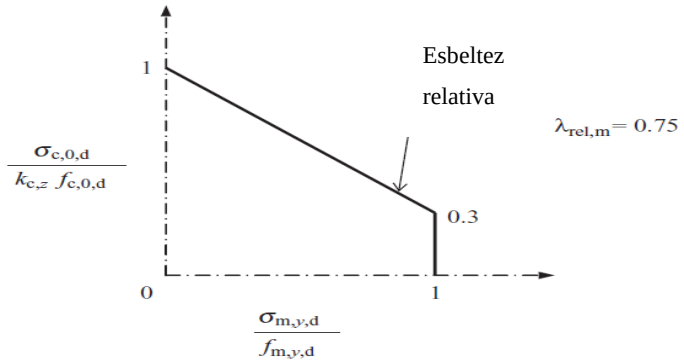
Indicado en 7.4.1 (a), las ecuaciones (7.21) y (7.22) son únicamente válidas para situaciones donde no ocurrirá el pandeo lateral torsional en el miembro, de otra manera el miembro únicamente puede ser sujeto a flexión respecto a su eje débil. En el caso donde sí existe carga axial y flexión únicamente respecto al eje mayor *x*-*x*, las ecuaciones de validación de resistencia se reducirán a las ecuación (7.23):

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1 \qquad (7.23)$$

La ecuación (7.23) es válida para la condición donde el pandeo torsional lateral no ocurrirá, es decir $\lambda_{rel,m} \leq 0.75$, en la cual $k_{crit} = 1$. Para esta situación la condición de frontera para la ecuación (7.23), basada en los usos de la madera maciza, secciones rectangulares de madera microlaminada (LVL) (o MLE), será como se define en la línea continua de la Figura 47.

Donde la relación de esbeltez relativa de pandeo excede 0.75, el criterio de resistencia del EC5 será como se muestra en 7.4.2.

Figura 47. Diagramas de interacción: carga axial y flexión combinada para el eje *y-y*



Fuente: Porteus & Kermani, 2007

7.4.2 Inestabilidad torsional lateral bajo el efecto de flexión respecto al eje mayor.

Esta situación aplica a los miembros que están sujetos a una combinación directa de compresión y flexión únicamente respecto a su eje fuerte, y donde la inestabilidad torsional lateral del miembro sí puede ocurrir. Esto aplica a miembros en donde la relación de esbeltez relativa de flexión respecto al eje mayor, $\lambda_{rel,m}$, es más alto que 0.75. No es dada ninguna condición para un miembro sujeto a compresión axial con flexión respecto al eje y-y y el eje x-x, y $\lambda_{rel,m}$ es mayor que 0.75.

Para la condición donde el miembro es sujeto a compresión directa y flexión respecto al eje mayor y la inestabilidad torsional lateral del miembro sí puede ocurrir, no se permite el comportamiento plástico para que ocurra bajo los efectos de carga axial, pero sí se permite bajo el efecto el momento. La interacción entre la carga axial y el momento en la falla se basa en una solución envolviendo el comportamiento plástico similar al mostrado en la Figura 44 inciso (b) y el requerimiento de diseño es:

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} \leq 1 \qquad (7.24)$$

(EC5, ecuación (6.35))

donde los términos son descritos previamente, y $\sigma_{m,d}$ es el esfuerzo de flexión de diseño respecto al eje fuerte *y-y*, y $\sigma_{m,d} = M_{y,d} / W_y$, donde $M_{y,d}$ es el momento de diseño respecto al eje *y-y*, y W_y es el módulo de sección asociado; $\sigma_{c,d}$ es el esfuerzo a compresión de diseño y equivale a $\sigma_{c,0,d}$ como se definió en la ecuación (7.10); k_{crit} es el factor que considera la resistencia a flexión reducida debido al pandeo lateral. Esto es descrito en el Capítulo 6 y definido de la Tabla 29 a la Tabla 34.

Aplicando la ecuación (7.24) se debe notar que la relación de esbeltez relativa de flexión del miembro, $\lambda_{rel,m}$, es cercano a 0.75, debido a que no existe flexión respecto al eje *z-z*, el estado del miembro puede ser considerado a una condición aproximada de la ecuación (7.23). En la Figura 48 se muestra una comparación de las ecuaciones (7.23) y (7.24). Para esta condición, cuando $\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} \leq 0.7$, la ecuación (7.23) dictará la condición límite de diseño y cuando $\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} > 0.7$, se debe considerar la ecuación (7.24).

7.4.3 Miembros sujetos a una combinación de flexión y tensión axial.

A pesar de ser permitido el comportamiento plástico en un elemento debido a la flexión, ya que los miembros en tensión fallan de un modo frágil, el EC5 utiliza el criterio en que la carga última se logra cuando el material alcanza su resistencia de falla en la fibra extrema. Esto es congruente con la solución de la teoría elástica mostrada en la Figura 44 inciso (a). Este requerimiento de diseño para miembros sujetos a flexión y tensión axial combinados, se da en el EC5, 6.2.3(1)P, y se muestra a continuación:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \qquad (7.25)$$

(EC5, ecuación (6.17))

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \qquad (7.26)$$

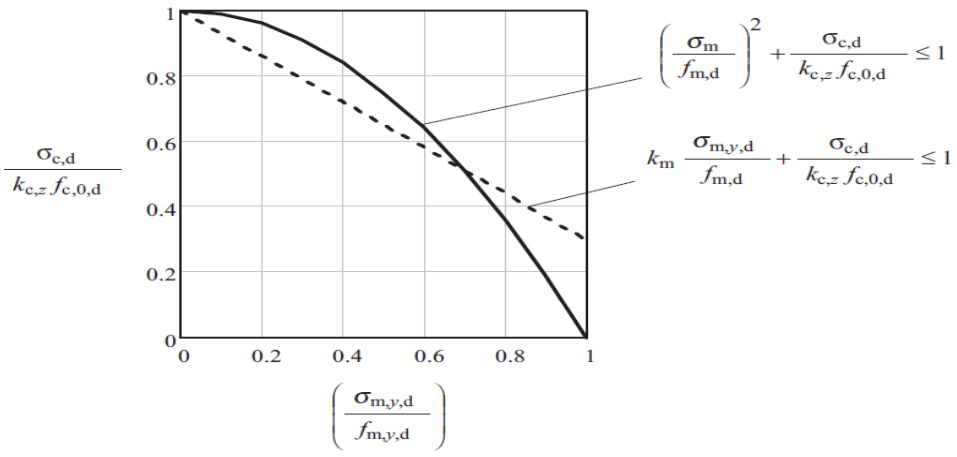
(EC5, ecuación (6.18))

donde las funciones permanecen como se definieron anteriormente.

Las ecuaciones (7.25) y (7.26) asumen que se previene el pandeo torsional lateral del miembro cuando se flexiona respecto a su eje mayor *y-y*. Donde no es el caso, y para los casos donde el

esfuerzo de tensión es pequeño, los miembros pueden ser verificados para que cumplan con los requerimientos del EC5 para una viga sujeta a flexión, considerando los efectos de inestabilidad torsional lateral, como se describe en el Capítulo 6.

Figura48. Comparación entre la ec. (7.24) (cuando k_{crit}= 1) y la ec. (7.23)



Fuente: Porteus & Kermani, 2007

Figura 49. Muros con pies derechos durante su construcción.

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

7.5 Diseño de muros entramados

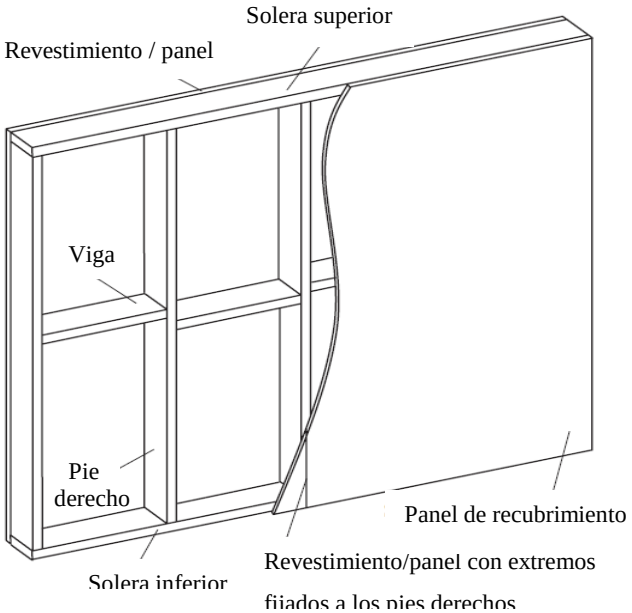
En la construcción de entramado de madera, las funciones principales de los muros son proporcionar soporte vertical para las estructuras del piso y el techo, y resistencia y estabilidad frente a los efectos de carga lateral, generalmente causado por las acciones del viento.

El diseño de muros sometidos a carga vertical y a las acciones de afuera del plano lateral, y donde el entrepiso no está diseñado para funcionar conjuntamente con el muro, se tratará en este capítulo. La resistencia de los muros portantes en los cuales el revestimiento y los pies derechos están diseñados para funcionar como una sección compuesta se cubrirá en el Capítulo 10 y la resistencia en el plano de trasiego en un muro se abordará en el Capítulo 9. En este capítulo se da una guía de diseño sobre cómo calcular la deflexión lateral de los muros en combinación fuera del plano de flexión y la carga axial. En la Figura 49 se muestran ejemplos de muros portantes durante su construcción.

7.5.1 Diseño de muros de carga y corte. Esto cubre el diseño de muros sujetos a esfuerzos axiales así como una combinación de esfuerzo axial con esfuerzos de flexión debidos al efecto de acciones fuera del plano (por ejemplo la carga de viento).

En general, los muros de corte de marcos de madera en edificios son construidos utilizando parales de madera espaciados a intervalos regulares y seguros llegando hasta sus extremos entre las soleras de madera, según se muestra en la Figura 50.

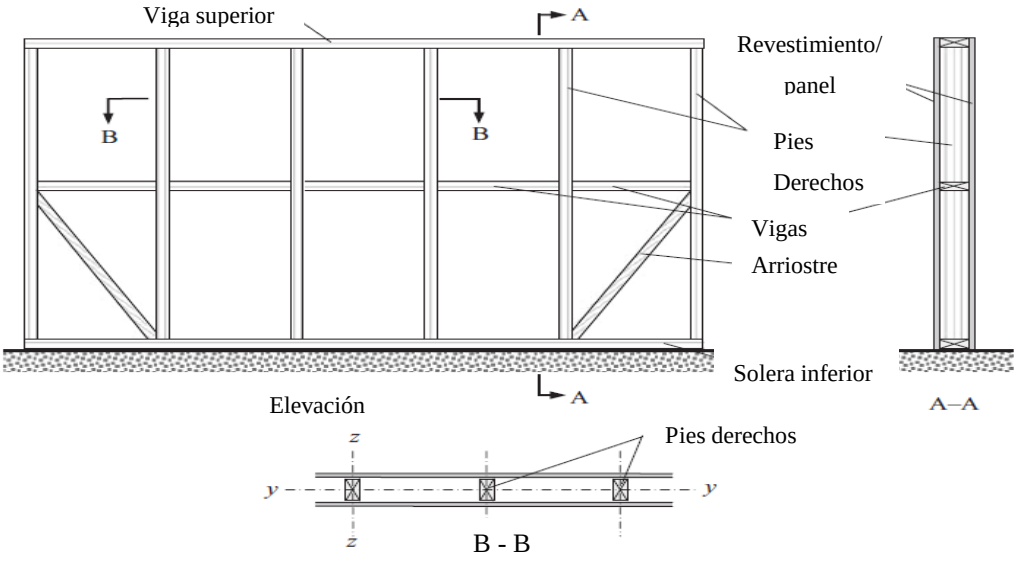
Figura 50. Detalles de un muro de corte típico (aislamiento, membrana de cubierta)



Fuente: Porteus & Kermani, 2007

Los maderos verticales se llaman pies derechos y las paredes se denominan comúnmente como muros portantes o de corte. Los parales están alineados de manera que el eje fuerte (y-y) sea paralelo a la cara del muro y estén asegurados en su posición por la solera de cabecera y solera de asiento, como se muestra en la Figura 51. En el plano de apoyo se proporcionan listones restringidos para desplazase lateralmente por los miembros de arriostramiento diagonales o elementos equivalentes que funcionan durante la construcción, así como para situaciones persistentes de diseño. Si el revestimiento de la pared no puede proporcionar resistencia lateral adecuada, se emplean arriostras en diagonal o miembros equivalentes, la longitud efectiva de la viga sobre la longitud del eje z-*z* se basará en el mayor entre la solera y el soporte del listón. Cuando el material de revestimiento es capaz de proporcionar restricción lateral adecuada, el riesgo de pandeo de los pies derechos de madera sobre el eje *z-z* puede ser ignorada. La resistencia adecuada lateral será proporcionada por el material de revestimiento, siempre que se asegure a la viga y a las soleras adoptando con las recomendaciones del constructor o según lo requiera el diseño. Si el revestimiento se fija sólo a uno lado de la pared, los muros no estarán completamente sujetos lateralmente y se deberá utilizar una reducción de longitud efectiva.

Figura 51. Construcción típica de un muro de pies derechos



Fuente: Porteus & Kermani, 2007

Es poco probable que los muros portantes tengan un empotramiento en sus extremos y, respecto al plano de pandeo alrededor del eje *y-y*, los pies derechos se consideran efectivamente en posición y torsión restringida por la fijación de las soleras superiores, pero son libres de girar

lateralmente en estas posiciones. La longitud efectiva de los muros sobre este eje se considerará igual a la altura del muro con pies derechos. La resistencia del muro se debe principalmente a los pies derechos y toda la carga debe estar situada directamente sobre los miembros verticales y no en el área de la viga de cabecera. Para cualquier carga sobre el área del claro, la solera debe ser revisado para resistir y funcionar satisfactoriamente como una viga, o bien se pueden insertar parales adicionales para llevar la carga.

Cuando varios miembros similares de conectados equidistantes lateralmente por un sistema de distribución de carga continuo, el EC5 permite que las propiedades de resistencia del miembro sean multiplicadas por un factor de resistencia del sistema, k_{sys}, como se indica en 5.3.7. En el caso de los muros con pies derechos, siempre y cuando el revestimiento se fija a los pies derechos y las soleras de acuerdo con las recomendaciones de fijación del fabricante, funcionará como un sistema de distribución de carga continua, permitiendo que el factor de k_{sys} se pueda utilizar. Debido a que las soleras superiores e inferiores son miembros aislados, el factor no se aplicará a estos elementos, pero será relevante para los pies derechos, donde se le aplica a la resistencia a la compresión, $f_{c,0,k,}$y la resistencia a la flexión, $f_{m,k}$. El factor se define en el EC5, 5.7, y donde la separación de pies derechos no es mayor que 610 mm de centro a centro y el revestimiento se fija a los pies derechos de acuerdo con la fijación recomendada por el fabricante, o de acuerdo con los requisitos de diseño.

Donde hay cuatro o más columnas en el muro, k_{sys} se pueden tomar para igual a 1.1. Para separaciones de pies derechos mayores que 610 mm de centro a centro o en donde el revestimiento no se encuentra asegurado, a menos que se demuestre por cálculos, el factor debe ser tomado igual a 1.

7.5.1.1 Diseño de muros con pies derechos sujetos a compresión axial

7.5.1.1.1. Diseño de muros.

(a) Cuando la relación de esbeltez relativa $\lambda_{rel,y}$ y $\lambda_{rel,z}$ son >0.3.

Esta condición normalmente aplicará cuando no exista revestimiento o el revestimiento no esté asegurado adecuadamente a los pies derechos y soleras, el requisito de diseño será:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y}f_{c,0,d}} \leq 1 \; y \; \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z}f_{c,0,d}} \leq 1 \qquad (7.27)$$

es decir

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,y} \cdot f_{c,0,d} \qquad (7.28a)$$

y

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,z} \cdot f_{c,0,d} \quad (7.28b)$$

donde $\sigma_{c,0,d}$ es el esfuerzo a compresión paralelo a las vetas

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} \quad (7.29)$$

donde N_D es la carga axial de diseño en el muro y A es el área de la sección transversal; $f_{c,0,d}$ es la resistencia a compresión de diseño del pie derecho paralelo a la veta

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} k_{sys} f_{c,0,k}}{\gamma_M} \quad (7.30)$$

donde las funciones están definidas anteriormente y k_{sys}= 1 para los casos donde la fijación no está asegurada de manera adecuada a los muros.

El procedimiento de diseño es como se describe en el punto 7.3.1 para el diseño de un miembro de la compresión bajo carga axial. La condición crítica de diseño que surge de las ecuaciones (7.28a) y (7.28b) será el que tenga el valor más bajo del factor de inestabilidad y se asociará con la mayor relación de esbeltez del muro.

(b) Cuando la relación de esbeltez relativa $\lambda_{rel,y} > 0.3$ y $\lambda_{rel,z} \leq 0.3$.

Si el material de revestimiento está bien fijado en los pies derechos, $k_{c,z}$ será siempre superior a $k_{c,y}$ y la condición de diseño será la siguiente:

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,y} f_{c,0,d} \quad (7.31)$$

(c) Donde ambos $\lambda_{rel,y}$ y $\lambda_{rel,z} \leq 0.3$.

Esta situación es poco probable que surja en la práctica, pero si sucede el valor de $k_{c,y}$ y $k_{c,z}$ debe ser tomado igual a uno y la condición de diseño será:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1 \quad (7.32)$$

donde las funciones se definen anteriormente, pero el factor k_{sys} utilizado para obtener$f_{c,0,d}$en los casos(b) y (c) puede ser tomado como1.1, donde hay por lo menos cuatro parales y el espacio entre pies derechos no es mayor que610 mmc/u.

7.5.1.1.2 Diseño de soleras superior e inferior. Las soleras superiores e inferiores ofrecen restricción lateral a los extremos de los muros y también reciben el cortante en estas posiciones. La fijación entre los pies derechos, las soleras y la estructura proporcionará una restricción lateral adecuada y la condición de diseño por lo general se refiere a una verificación de la resistencia de las soleras en compresión perpendicular a las vetas. Si hay alguna carga directamente sobre las soleras entre las posiciones de los pies derechos, estas también tendrán que ser diseñadas para flexión y cortante fuerzas, como las vigas. Como los muros con pies derechos, por lo general, no se cargan de esta manera, esta condición de diseño no ha sido considerada.

Para una compresión perpendicular a las vetas la condición que deben cumplir es la siguiente:

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{f_{c,90,d}} \leq 1 \tag{7.33}$$

Donde $\sigma_{c,90,d}$ es la resistencia a compresión de diseño perpendicular a las vetas $\sigma_{c,90,d} = N_d/A$ donde $N_d$es la carga axial de diseño en el muro y A es el área de sección transversal; $f_{c,90,d}$ es la resitencia a compresion de diseño perpendicular a las vetas y se define como:

$$f_{c,90,d} = \frac{k_{mod} k_{c,90} f_{c,90,k}}{\gamma_M} \tag{7.34}$$

Donde se definen previamente las funciones y $f_{c,90,k}$ es la resistencia a compresión característica de la madera perpendicular a las vetas. La información de resistencia de la madera y de los productos de madera comúnmente utilizados se da en el Capítulo 4; $k_{c,90}$ es como se describe en la ecuación (7.22).

7.5.1.2. Diseño de muros con pies derechos sujetos a una combinación de flexión y compresión axial fuera del plano. Esta situación se muestra comúnmente cuando los muros con pies derechos están sujetos al efecto de carga de viento (fuera del plano) adicionalmente a las cargas axiales que soportan. El procedimiento de diseño para los pies derechos se muestra en el método dado en punto 7.4 para el diseño de miembros sujetos a cargas de compresión y momentos flexionantes.

7.5.1.2.1 Diseño de pies derechos

(a)Donde $\lambda_{rel,y}$ y $\lambda_{rel,z}$ son>0.3

Esto aplicará cuando el revestimiento no pueda proveer suficiente restricción al pandeo respecto al eje *z*-*z*.

(i) Para el caso donde la relación de esbeltez relativa par el pandeo de cada pie derecho sea ≤ 0.75 (es decir donde no habrá pandeo lateral torsional del pie derecho), la condición de diseño será:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y}f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1 \quad (7.35)$$

(EC5, ecuación (6.23), con $\sigma_{m,z,d} = 0$)

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z}f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1 \quad (7.36)$$

(EC5, ecuación (6.23), con $\sigma_{m,z,d} = 0$)

donde las funciones son como se definen previamente y $\sigma_{m,y,d}$ son los esfuerzos de flexión de diseño respecto al eje y-y del pie derecho y $\sigma_{m,z,d} = M_{y,d}/W_y$ donde $M_{y,d}$ es el momento de flexión de diseño respecto al eje *y-y* y $W_y = bh^2/6$ es el módulo de sección asociado del pie derecho; $f_{m,y,d}$ es la resistencia a flexión de diseño respecto al eje *y-y* donde:

$$f_{m,y/z,d} = \frac{k_{mod}k_h k_{sys} f_{m,k}}{\gamma_M} \quad (7.37)$$

donde las funciones son definidas previamente y $k_{sys} = 1$ para los casos donde no se han asegurado adecuadamente los pies derechos.

(ii) Para la condición donde la relación de esbeltez relativa para el pandeo en cada pie derecho es >0.75 (es decir donde el pandeo lateral torsional en el pie derecho puede ocurrir), los requerimientos del EC5, 6.3.3(6), deben ser verificados:

$$\left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit}f_{m,y,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z}f_{c,0,d}} \leq 1 \quad (7.38)$$

donde las funciones están previamente definidas.

(b) Donde $\lambda_{rel,y} > 0.3$ y$\lambda_{rel,z} \leq 0.3$.

Para esta situación, $k_{c,z}$=1 y en el caso donde el pandeo lateral torsional no puede ocurrir la condición de diseño será:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y}f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1 \quad (7.39)$$

donde las funciones se definen previamente y el factor k_{sys} puede ser tomado para ser 1.1 donde existan por lo menos cuatro pies derechos y el espaciamiento entre ellos no sea mayor a 610 mm c/u.

(c) Donde $\lambda_{rel,y}$ y $\lambda_{rel,z} \leq 0.3$.

Esta situación es poco común en la práctica, en caso de que ocurra los valores de $k_{c,y}$ y $k_{c,z}$ serán iguales a la unidad. Comprendiendo que para esta condición la relación de esbeltez relativa para pandeo para cada pie derecho será ≤ 0.75, la condición de diseño será:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1 \qquad (7.40)$$

(EC5, ecuación (6.19), con $\sigma_{m,z,d} = 0$)

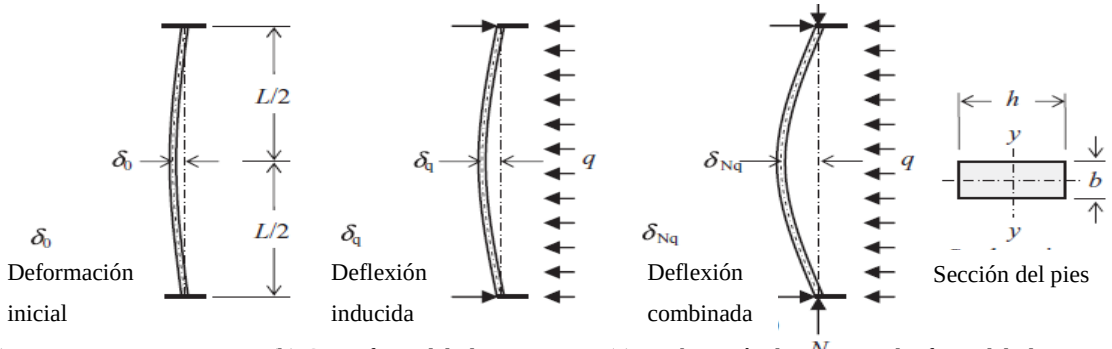
donde las funciones están definidas previamente y el factor k_{sys} puede ser tomado como 1.1 donde existan por lo menos cuatro pies derechos y el espaciamiento entre ellos no sea mayor a 610 mm c/u.

7.5.1.2.2 Diseño de soleras. El procedimiento permanece como se describe en la sección 7.5.1.1.2.

7.5.2 Deflexión excéntrica por carga-cortante en muros de pies derechos (y columnas).

El comportamiento de los muros con pies derechos (y columnas) con una desviación inicial y sujetos a carga axial se clasifica en el EC5 como un problema de resistencia. Las deflexiones fuera del plano no se consideran en el código. A pesar de esto, existe una situación de diseño donde las deflexiones fuera del plano se presentan y la siguiente metodología se muestra para calcular esta deformación. Cuando un miembro con un desplazamiento inicial está sujeto a carga axial, debido a un momento adicional inducido en el miembro por la carga axial, el desplazamiento se amplificará. En el caso de un muro de pies derechos el desplazamiento consta de una desviación inicial, δ_q, como se muestra en la Figura 52 inciso (a) y (b) respectivamente.

Figura 52. Deflexión de un muro bajo carga vertical y carga fuera del plano



(a) Muro sin carga (b) Carga fuera del plano (c) combinación de carga axial y fuera del plano

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

Del EC5, 10.2, se debe notar que la desviación inicial máxima de la medida en la rectitud hasta el medio del miembro, δ_0, no puede exceder L/300 para madera maciza y L/500 para madera laminada colada o microlaminada (LVL), donde *L* es la longitud del miembro.

La deflexión máxima fuera del plano ocurrirá a media altura y desde la teoría de elasticidad clásica se puede mostrar que si un muro con pies derechos se constituye de miembros con deflexiones iniciales δ_0 (es decir desde la posición del eje principal y-y que se muestra en la Figura 52) y cada pie derecho está sujeto a una carga axial de diseño N_d, la deflexión fuera del plano del muro (o una columna) se incrementará a δ_{N0}, donde:

$$\delta_{N0} = \alpha\delta_0 \tag{7.41}$$

En la ecuación (7.41) α es un factor de amplificación derivado de:

$$\alpha = \left(\frac{1}{1-\frac{N_d}{P_E}}\right) \tag{7.42}$$

donde:

$$P_E = \frac{\pi^2 E_{0.05}(bh^2/12)}{L^2}$$

yP_E es la carga de pandeo de Euler para cada pie derecho en su eje *y-y*, *L* es la longitud efectiva del pie derecho, *b* es el ancho del pie derecho, *h* es el espesor de profundidad del pie derecho, y $E_{0.05}$ es el quinto percentil del módulo de elasticidad del material del pie derecho paralelo a las vetas.

A pesar de que es una solución aproximada, es preciso dentro del 2% para valores de N/P_E menores a 0.6, los cuales se tomarán en caso donde se consideren los desplazamientos del límite de serviciabilidad (ELS).

Para la condición de arriba el incremento en la deflexión del muro, δN0, puede ser escrito como:

$$\delta_{N0} = \alpha\delta_0 - \delta_0 = \delta_0(\alpha - 1) \tag{7.43}$$

Bajo la acción de una carga fuera del plano únicamente en el muro, y tomando la deformación por cortante en consideración, para la información dada en la Tabla 26, la deflexión δ_q por cada pie derecho a media altura en el muro causado por una carga *q* en kN/m^2 será:

$$\delta_q = \frac{5qL^4}{32E_{0,m}b(h)^3}\left(1 + 0.96\left(\frac{E_{0,medio}}{G_{0,medio}}\right)\left(\frac{h}{L}\right)^2\right)(S_p) \tag{7.44}$$

donde $\delta_q$es la deflexión fuera del plano del pie derecho (en mm), L es la altura de muro (en metros), $E_{0,m}$ es el módulo de elasticidad medio del pie derecho paralelo a las vetas (en kN/m^2), b es el espesor del pie derecho (en metros), h es la profundidad del pie derecho (en metros), y S_p es el espaciamiento lateral entre pies derechos (en mm).

De la ecuación (7.42), donde cada muro de pies derechos está sujeto a una carga axial de diseño N_d, $\delta_q$se incrementará a $\alpha\delta_q$y cuando se añada la deflexión fuera del plano del muro, la deflexión final δ_{Nq} será:

$$\delta_{\mathrm{Nq}} = \alpha\delta_0 + \alpha\delta_q \tag{7.45}$$

y el incremento neto en la deflexión debido a la carga acial combinada con el efecto de la carga lateral δ_{net}será:

$$\delta_{\mathrm{net}} = \left(\alpha\delta_0 + \alpha\delta_q\right) - \delta_0$$

la cual se reduce a:

$$\delta_{\mathrm{net}} = \frac{\left(\frac{N_d}{P_E}\right)\delta_0 + \delta_q}{\left(1 - \frac{N_d}{P_E}\right)} \tag{7.46}$$

Se debe notar de la ecuación (7.46) que la deflexión fuera del plano es una función de la rectitud inicial del muro (o columna) así como de la carga axial. Si el muro (o columna) es perfectamente recto, δ_0 será igual a cero y no habrá carga axial, la deflexión adicional δ_{net}se adecuará a (7.44).Según se muestra en la Sección 6.3, para poder verificar los estados últimos de servicio y últimos, se debe revisar que cada efecto de diseño sea verificado para que cumpla con los límites y en cada caso del diseño debe usarse el valor crítico causado por una combinación de cargas aplicadas en la estructura.

Sin embargo, para asegurar que la atención está enfocada en las reglas de diseño del EC5 para el uso de madera o productos de madera, se considerará el caso de carga de diseño crítico que produce los mayores efectos para fines de ejemplificarlos a continuación.

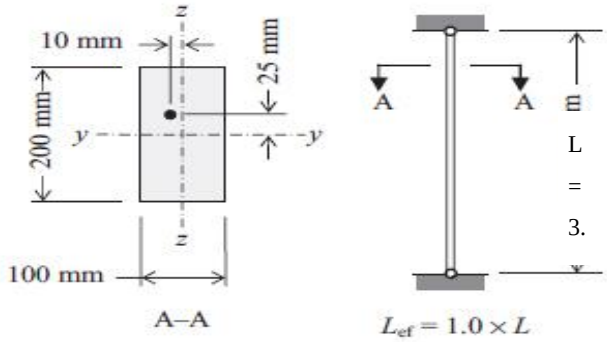
Ejemplo 7.4

La columna mostrada en la Figura 53 tiene una sección transversal de 100 mm × 200 mm de área, de resistencia clase C24, funciona bajo condiciones de servicio clase 2. Ésta soporta una carga permanente de 10 kN y una carga a compresión variable característica de corta duración de 18.5 kN. La carga es aplicada excéntricamente a 25 mm del eje *y–y* y a 10 mm del eje *z–z* como

se muestra en la figura y una carga permanente incluye el efecto producido por el peso propio de la columna. La columna tiene 3.60 m de largo y cada extremo está articulado.

Verifique que la columna cumpla con los requerimientos de ELU del EC5. (Nota: la relación de esbeltez relativa para la flexión respecto al eje *y–y* no excede 0.75.)

Figura 53. Sección de viga rectangular con carga excéntrica



Nota: Debido a que la relación de esbeltez relativa a la flexión es menor que 0.75, no hay necesidad de investigar efectos de inestabilidad torsional y el punto 7.4.1 aplicará.

Fuente: Elaboración propia, 2011

1. Propiedades geométricas

Longitud actual de la columna, L L= 3.60 m

Longitud efectiva al pandeo respecto al eje *y–y*, $L_{e.y}$ $L_{e.y}$= 1.0 · L i.e. $L_{e.y}$= 3.60*m* (Tabla 28)

Longitud efectiva al pandeo respecto al eje *z–z*, $L_{e.z}$ $L_{e.z}$= 1.0 · L i.e. $L_{e.z}$= 3.*60m*

Ancho del miembro, b b= 100 *mm*

Profundidad del miembro, h h= 200 *mm*

Área de sección transversal, A $A = b \cdot h$ $A = 2 \times 10^4\ mm^2$

Segunda área de momento respecto al eje *y–y*, I_y $I_y = \frac{b \cdot h^3}{12}$ $I_y = 6.67 \times 10^7\ mm^4$

Módulo de sección respecto al eje *y–y*, W_y $W_y = \frac{2I_y}{h}$ $W_y = 6.67 \times 10^5 mm^3$

Radio de giro respecto al eje *y–y*, i_y $i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$ $i_y = 57.74mm$

Relación de esbeltez respecto al eje *y–y*, λ_y $\lambda_y = \frac{L_{e.y}}{i_y}$ $\lambda_y = 62.34$

Segunda área de momento respecto al eje z–z, I_z $I_z = \frac{h \cdot b^3}{12}$ $I_z = 1.67 \times 10^7\ mm^4$

Módulo de sección respecto al eje *z–z*,W_z $W_z = \frac{2I_z}{b} W_z = 3.33 \times 10^5\ mm^3$

Radio de giro respecto al eje *z–z*,i_z $i_z = \sqrt{\frac{i_z}{A}}$ $i_z = 28.87\ mm$

Relación de esbeltez respecto al eje *z–z*, λ_z $\lambda_z = \frac{L_{e.z}}{i_z}$ $\lambda_z = 124.7$

2. Propiedades de la madera

Tabla 3, Resistencia clase C24 (BS EN 338:2003(E), *Tabla 1*)

Flexión característica respecto al eje *y–y*, $f_{m.y.k}$ $f_{m.y.k} = 24\ N/mm^2$

Resistencia a flexión característica respecto al eje *z–z*, $f_{m.z.k}$ $f_{m.z.k} = 24\ N/mm^2$

Resistencia a compresión característica paralela a la veta, $f_{c.0.k}$ $f_{c.0.k} = 21\ N/mm^2$

Módulo del quinto percentil de elasticidad paralela a la veta, $E_{0.05}$ $E_{0.05} = 7.4\ kN/mm^2$

3. Factores de seguridad parciales

Tabla 16 (BS EN 1990:2002, *Tabla NA.A1.2(B)*) para los ELU

Cargas permanentes, Υ_G $\Upsilon_G = 1.35$

Cargas variables,Υ_Q $\Upsilon_Q = 1.5$

Tabla 14 (UKNA para EC5, *Tabla NA.3*)

Factor del material para madera maciza, Υ_M $\Upsilon_M = 1.3$

4. Cargas

Carga a compresión permanente característica, G_k $G_k = 10kN$

Carga a compresión característica variable de corta duración, Q_k $Q_k = 18.5\ kN$

Carga de diseño a compresión para la combinación de carga crítica, N_d $N_d = Y_G \cdot G_k + Y_Q \cdot Q_k N_d = 4.13 \times 10^4 N$

(Tabla 16, ecuación (c) utilizando condiciones desfavorables)

Momento respecto al eje *y–y*:

Excentricidad, e_z $e_z = 25\ mm$

Momento de diseño respecto al eje *y–y*,$M_{y.d}$ $M_{y.d} = N_d \cdot e_z M_{y.d} = 1.03$kN m

Momento respecto al eje *z–z*:

Excentricidad, e_y $e_y = 10\ mm$

Momento de diseño respecto al eje *z–z*, $M_{z.d}$ $M_{z.d} N_d \cdot e_y M_{z.d} = 0.41\ kN\ m$

5. Factores de modificación

Factor para carga de mediana duración y clase de servicio 2, $k_{mod.med}$ $k_{mod.med} = 0.8$

(Tabla 12 (EC5, *Tabla 3.1*))Factor de resistencia del sistema, k_{sis} no relevante $k_{sis} = 1.0$

Factor de profundidad para madera maciza – flexión $k1_h = 1.0$

respecto al eje *y–y* axis, $k1_h$

(Tabla 19 (EC5, *3.2*))

Factor de profundidad para madera maciza – flexión respecto al eje *z–z*, $k2_h$

(Tabla 19 (EC5, *3.2*))

$$k2_h = \begin{cases} 1.0 & si\ h \geq 150mm \\ \left(\frac{150\ mm}{h}\right)^{0.2} & si\ 1.3 > \left(\frac{150\ mm}{h}\right)^{0.2} \\ 1.3 & de\ otro\ modo \end{cases} \qquad k2_h = 1.08$$

6. Resistencia de la columna

El caso de carga crítica de diseño para el ELU será seleccionado debido a la combinación de cargas permanentes y cargas de mediana duración desfavorables:

Condición de momento

Momento flexionante de diseño $M_{y.d} = 1.03 kN\ m$

respecto al eje *y–y*, $M_{y.d}$

Esfuerzo de flexión de diseño respecto al $\sigma_{m.y.d} = \frac{M_{y.d}}{W_y} \quad \sigma_{m.y.d} = 1.54\ N/mm^2$

eje*y–y*, $\sigma_{m.y.d}$

Momento flexionante de diseño $M_{z.d} = 0.41$ kN m

respecto al eje *z–z*, $M_{z.d}$

Esfuerzo de flexión de diseño respecto al $\sigma_{m.z.d} = \frac{M_{z.d}}{W_z} \quad \sigma_{m.z.d} = 1.21\ \mathrm{N/mm^2}$

eje*z–z*, $\sigma_{m.z.d}$

Resistencia a flexión de diseño respecto al eje *y–y*, $f_{m.y.d}$

$$f_{m.y.d} = \frac{k_{mod.med} \cdot k_{sys} \cdot k2_h \cdot f_{m.y.k}}{\gamma M} \qquad f_{m.y.d} = 14.77\ \mathrm{N/mm^2}$$

Resistencia a flexión de diseño respecto al eje *z–z*, $f_{m.z.d}$

$$f_{m.z.d} = \frac{k_{mod.med} \cdot k_{sys} \cdot k2_h \cdot f_{m.y.k}}{\gamma M} \qquad f_{m.z.d} = 16.02\ \mathrm{N/mm^2}$$

Condición a compresión axial

Esfuerzo a compresión de diseño, $\sigma_{c.0.d}$ $\sigma_{c.0.d} = \frac{N_d}{A} \sigma_{c.0.d} = 1.92\ \mathrm{N/mm^2}$

Resistencia a compresión de diseño, $f_{c.0.d}$

$$f_{c.0.d} = \frac{k_{mod.med} \cdot k_{sys} \cdot f_{c.0.d}}{\gamma M} f_{c.0.d} = 12.92\ \mathrm{N/mm^2}$$

Condición de Resistencia al pandeo (7.3.1 (EC5, *6.3.2*)):

Relación de esbeltez relativa respecto al eje *y–y*,

$\lambda_{rel.y}$ (ecuación(7.3); EC5, *ecuación (6.21)*) $\lambda_{rel.y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}}$ $\lambda_{rel.y} = 1.06$

respecto al eje *z–z* axis, $\lambda_{rel.z}$(ecuación (7.3); $\lambda_{rel.z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}}$ $\lambda_{rel.z} = 2.11$

EC5, *ecuación (6.22)*)

Como ambas relaciones de esbeltez son mayores que 0.3, las condiciones en el punto 7.3.1(b) aplican. (EC5, 6.*3.2(3)*):

Pandeo respecto al eje *z-z*

Factor β_c para madera maciza (ecuación (7.6)); $\beta_c = 0.2$

(EC5,*ecuación (5.29)*)

Factor k_z(ecuación (7.5b); $k_z = 0.5 \cdot \left[1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel.z} - 0.3) + \lambda_{rel.z}^2\right]$

EC5, *ecuación (6.28)*) $k_z = 2.92$

Factor de inestabilidad, $k_{c.z}$

(ecuación (7.4b); (EC5, *ecuación 6.26)*) $k_{c.z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel.z}^2}}$ $k_{c.z} = 0.20$

Pandeo respecto al eje *y-y*

Factor *ky*(ecuación (7.5a); EC5, $k_y = 0.5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel.y} - 0.3) + \lambda_{rel.y}^2]$

$k_y = 1.13$

(EC5, ecuación (6.27))

Factor de inestabilidad respecto al eje *y–y* $k_{c.y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel.y}^2}}$ $k_{c.y} = 0.647$

$k_{c.y}$(ecuación (7.4a); EC5, *ecuación (6.25)*)

Factor de redistribución para una sección rectangular, k_m $k_m = 0.7$

(ecuación (7.4c) (EC5, 6.*1.6*))

Condición de esfuerzos combinados

Ecuaciones (7.21) y (7.22) (EC5, *ecuaciones (6.23)* y *(6.24)*):

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.y} \cdot f_{c.0.d}} + \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} + k_m \frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.z.d}} = 0.24$$

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.z} \cdot f_{c.0.d}} + k_m \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.y.d}} + \frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.z.d}} = 0.55$$

La relación es menor que la unidad; por ello la sección de la madera de 100 mm por 200 mm en resistencia clase C24 cumple con los requerimientos de ELU del EC5.

8 DISEÑO DE MIEMBROS LAMINADOS ENCOLADOS

8.1 Introducción

Los miembros laminados encolados (MLE, siglas que se utilizarán de aquí en adelante) para propósitos estructurales, ofrecen las ventajas de tener una excelente resistencia y rigidez en relación con su peso, pueden diseñarse para tener una buena resistencia al fuego y alcanzar altos estándares de acabado arquitectónico. Algunos ejemplos de estructuras con miembros laminados encolados se muestran en la Figura 54. Sus ventajas principales son las siguientes:

- Los perfiles de MLE armados de miembros delgados pueden utilizarse para fabricar formas complejas. Pueden producirse en cualquier tamaño, longitud y forma. Las instalaciones para fabricación y el transporte son la única limitante práctica que afecta las dimensiones de los perfiles.
- El uso de una serie de láminas resulta en una distribución más uniforme de los defectos a través del perfil, reduciendo la variabilidad y generalmente aumentando la resistencia de la madera.
- Otros miembros pueden fácilmente incorporarse al perfil durante el proceso de fabricación.

En este capítulo, el proceso de diseño para miembros laminados encolados de madera está basado en los requerimientos del EC5. Los requerimientos particulares de miembros curvos, miembros a una y a dos aguas y miembros a dos aguas con intradós curvo funcionando como vigas también se abordan, notando que la metodología usada también se aplica a miembros fabricados de madera laminada contrachapada. La información general en 6.3 es relevante para el contenido en este capítulo.

8.2 Consideraciones de diseño

Los miembros laminados encolados pueden usarse como vigas, columnas o miembros sujetos a esfuerzos combinados de flexión y carga axial, y los estados límites asociados con las cargas principales de diseño están dados en la Tabla 35. Los comentarios generales en 6.2 y 7.2 también aplican a elementos laminados encolados. Los requerimientos de producción de MLE deben cumplir con los requerimientos BS EN 386:2001 y el procedimiento de diseño usado depende de si el miembro es construido usando laminado del mismo grado y especie (MLE homogéneo) o

formado con laminado interno y externo de grados y especies diferentes (MLE combinado). Los requerimientos para cada tipo se discuten en la sección 8.3 de este capítulo.

Figura 54. Ejemplos de estructuras laminadas encoladas

(a) Viga recta

(b) Estructura curva

(c) Columnas inclinadas

(d) Portales curvos

(e) Marco portal

(f) Estructura radial de techo

(g) Pasarela

(h) Columnas curvas

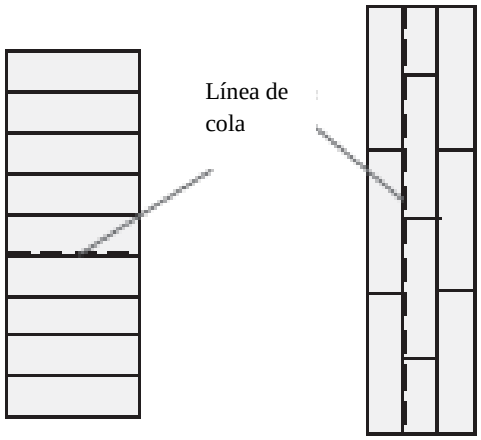
Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Tabla 35. Requerimientos de diseño para MLE y sus estados límite según EC5

Elemento	Carga o desplazamiento de diseño	Estado límite EC5
Vigas	Tabla 20	Tabla 20
Columnas	Tabla 27	Tabla 27

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Figura 55. MLE horizontal y vertical



(a) Sección transversal de MLE horizontal

(b) Sección transversal de MLE vertical

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

8.3 General

8.3.1 Madera laminada encolada horizontal y vertical. Los MLE se forman enlazando láminas de madera esencialmente con las vetas paralelas y pueden producirse tanto madera laminada encolada horizontalmente o verticalmente, como se define en BS EN 386.

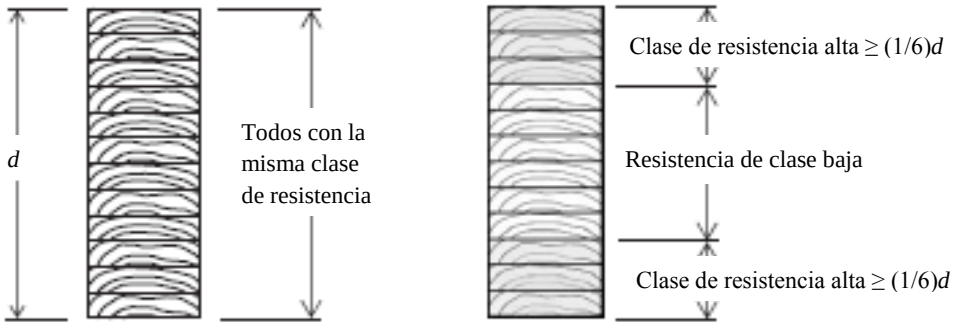
Los MLE horizontales se constituyen con planos encolados perpendiculares a la longitud larga de la sección transversal. Los MLE verticales son madera laminada encolada en donde los planos encolados son perpendiculares a la distancia corta de la sección transversal. Ver Figura 55.

8.3.2 Metodología de diseño. La madera laminada encolada debe cumplir con los requerimientos del BS EN 386 y del BS EN 1194:1999. BS EN 1194 define las clases de resistencia asociadas con los MLE y también afirma cómo deben obtenerse los valores característicos de las propiedades relacionadas con la resistencia y rigidez. Permite también la

clasificación de grados y especies y una combinación de los mismos usando un sistema de clases de resistencia así como se usa en BS 338:2003 para madera estructural.

El sistema de clasificación aplica únicamente a MLE laminados horizontales conformados por lo menos con cuatro láminas, las cuales deben de ser de madera blanda. Las clases de resistencia están dadas para madera laminada homogénea o combinada. Un ejemplo de esto está en la Figura 56, con un miembro de peralte *d*.

Figura 56. Miembros de madera laminada encolada homogénea y combinada



(a) Madera laminada-encolada homogénea (b) Madera laminada-encolada

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Las clases de resistencia se definen así:

- Madera laminada encolada homogénea: Todas las láminas en la sección son del mismo grado (clase de resistencia) y especie, o combinaciones de especies.

- Madera laminada encolada combinada: La sección está hecha de láminas internas y externas de diferentes grados (clases de resistencia) y especies, o combinaciones de especies. Las láminas externas tendrán una clase de resistencia alta y deben ser al menos un sexto del peralte del miembro en ambos lados.

En el BS EN 1194:1999 los valores característicos de resistencia, rigidez y densidad de miembros laminados encolados se dan en cuatro clases, definidas como GL 24, GL 28, GL 32 y GL 38, cada cual sucedida por una h o por una c, homogéneo o combinado respectivamente.

En el caso del sistema de referencia usado para madera en el BS EN 338, los números usados en el sistema de MLE representan resistencias de flexión características de los MLE en N/mm^2 y

las propiedades de algunas clases de resistencia dadas en el BS EN 1994 están dadas en la Tabla 36.

Las propiedades mecánicas de la madera laminada encolada pueden derivarse de propiedades equivalentes de las láminas de madera blanda que se está usando. Las relaciones entre los materiales están dadas en la Tabla A.1 del BS EN 1994 y resumidas en la Tabla 37.

Las propiedades de las láminas son las dadas en el BS EN 338:2003 para especies de madera blanda, o pueden obtenerse como se describe en el BS EN 1194:1999. Requerimientos particulares de resistencia deben alcanzarse para uniones en los extremos de todas las láminas y en el BS EN 1194:1999, Cláusula 6.3.2, se dan opciones alternativas.

Las ecuaciones de la Tabla 37 son válidas para MLE homogéneos hechos de láminas de madera blanda pero también pueden usarse para calcular las propiedades de la madera laminada encolada que no se clasifique específicamente en alguna de las clases de resistencia dadas en el estándar.

Cuando se requieran las propiedades de un miembro laminado encolado combinado, partiendo de que las zonas de diferentes láminas son al menos de un sexto del peralte de la viga (Figura 56 inciso (b)) o dos láminas, las relaciones dadas en la Tabla 37se aplicarán a las propiedades de las partes individuales de la sección transversal del miembro.

En el BS EN 1994 se dan ejemplos de vigas encajonadas que cumplen con los requerimientos de la Tabla 36, donde las propiedades de las láminas en la sección se han obtenido usando los valores característicos en el BS EN 338:2003 y estos están resumidos en la Tabla 38.

La resistencia a flexión característica, $f_{m,g,k}$ en la Tabla 36, se refiere a miembros con un peralte mínimo de 600 mm y un espesor mínimo de 150 mm. La resistencia a tensión paralela a las fibras $f_{t,0,g,k}$ se refiere a miembros con un ancho mínimo de 600 mm y un espesor mínimo de 150 mm. Estas resistencias pueden aumentarse cuando las secciones de MLE de tamaños más pequeños se usan aplicando previamente un factor de tamaño, del cual se habla en la sección 5.3.6 y en la Tabla 19. El EC5 permite únicamente que se aplique el factor al peralte a flexión y en el ancho a tensión y no tiene ninguna justificación por la cual pueda usarse para el espesor. El valor del factor, k_h es:

$$k_h = min\begin{Bmatrix} \left(\frac{600}{h}\right)^{0.1} \\ 1.1 \end{Bmatrix} \tag{8.1}$$

(EC5, ecuación (3.2))

donde$h$ es el peralte del MLE (en mm) cuando está sujeto a flexión y el ancho del MLE (en mm) está sujeto a tensión.

Tabla 36. Propiedades de resistencia, rigidez y densidad

	MLE homogéneo			MLE combinado		
Clase de resistencia	GL 24h	GL 28h	GL 32h	GL 24c	GL 28c	GL 32c
Resistencia a flexión						
$f_{m,g,k}$ (N/mm^2)	24	28	32	24	28	32
Resistencia a tensión						
$f_{t,0,g,k}$ (N/mm^2)	16.5	19.5	22.5	14	16.5	19.5
$f_{t,90,g,k}$ (N/mm^2)	0.4	0.45	0.5	0.35	0.4	0.45
Resistencia a compresión						
$f_{c,0,g,k}$ (N/mm^2)	24	26.5	29	21	24	26.5
$f_{c,90,g,k}$ (N/mm^2)	2.7	3.0	3.3	2.4	2.7	3.0
Resistencia a corte						
$f_{v,k}$ (N/mm^2)	2.7	3.2	3.8	2.2	2.7	3.2
Módulo de elasticidad						
$E_{0,g,medio}$ (kN/mm^2)	11.6	12.6	13.7	11.6	12.6	13.7
$E_{0,g,05}$ (kN/mm^2)	9.4	10.2	11.1	9.4	10.2	11.1
$E_{90,g,medio}$ (kN/mm^2)	0.39	0.42	0.46	0.32	0.39	0.42
Módulo de corte						
$G_{g,medio}$ (kN/mm^2)	0.72	0.78	0.85	0.59	0.72	0.78
Densidad						
$\rho_{g,k}$ (kg/m^3)	380	410	430	350	380	410

Propiedades de resistencia, rigidez y densidad de las clases de resistencia de los MLE homogéneos (GL 24h, GL 28h y GL 32h) y de las clases de resistencia de los MLE combinados (GL 24c, GL 28c y GL 32c) basados en las propiedades dadas en el BS EN 1994:1999
Nota: Para cálculos relacionados con resistencias, usar $G_{g,05}=E_{0,g,05}/16$.
La densidad media se toma como el promedio entre la densidad promedio de las láminas internas y externas, basados en el BS EN 338.

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Cuando se usa madera laminada encolada homogénea o madera laminada encolada combinada que cumple con las clases de resistencias dadas en el BS EN 1194:1999, Tabla 2 (i.e. las clases de resistencia de los MLE combinados dadas en la Tabla 36), se aplica la teoría convencional de flexión. El procedimiento de diseño para miembros rectos de sección uniforme sujetos a flexión,

corte, torsión y carga axial, es como se describe en los capítulos 6 y 7 respectivamente. La propiedad de resistencia relevante dada en la Tabla 36 se debe utilizarse en la condición de resistencia que se esté tratando.

Tabla 37. Propiedades de resistencia, rigidez y densidad

Propiedad característica de madera encolada laminada hecha de láminas de madera blanda	Relación BS EN 1194:1999 (basada en las propiedades de láminas de madera blanda*)
Resistencia a flexión	
$f_{m,g,k}$ (N/mm^2)	$= 7 + 1.15 f_{t,0,1,k}$
Resistencia a tensión	
$f_{t,0,g,k}$ (N/mm^2)	$= 5 + 0.8 f_{t,0,1,k}$
$f_{t,90,g,k}$ (N/mm^2)	$= 0.2 + 0.015 f_{t,0,1,k}$
Resistencia a compresión	
$f_{c,0,g,k}$ (N/mm^2)	$= 7.2 f_{t,0,1,k}^{0.45}$
$f_{c,90,g,k}$ (N/mm^2)	$= 0.7 f_{t,0,1,k}^{0.5}$
Resistencia a corte	
$f_{v,k}$ (N/mm^2)	$= 0.32 f_{t,0,1,k}^{0.8}$
Módulo de elasticidad	
$E_{0,g,medio}$ (kN/mm^2)	$= 1.05 E_{0,1,medio}$
$E_{0,g,05}$ (kN/mm^2)	$= 0.85 E_{0,1,medio}$
$E_{90,g,medio}$ (kN/mm^2)	$= 0.035 E_{0,1,medio}$
Módulo de corte	
$G_{g,medio}$ (kN/mm^2)	$= 0.065 E_{0,1,medio}$
Densidad	
$\rho_{g,k}$ (kg/m^3)	$= 1.10 \rho_{l,k}$

Propiedades características de resistencia, rigidez y densidad de madera laminada encolada homogénea provenientes de las propiedades de las láminas de madera blanda utilizadas, basadas en la Tabla A.1 del BS EN 1194:1999.

*Las propiedades de lámina son las siguientes: $f_{t,0,1,k}$-la resistencia característica a tensión de la lámina de madera blanda en N/mm^2; $E_{0,1,medio}$-el valor medio del módulo de elasticidad de la lámina paralela a las fibras en N/mm^2; $\rho_{l,k}$-la densidad característica de la lámina de madera blanda en kg/m^3.

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Si se forma madera laminada encolada combinada con propiedades que no cumplen con las clases de resistencia GL 24c a la GL 38c, debe verificarse la resistencia a la flexión en todos los puntos relevantes en la sección transversal. Debido a que esto involucra analizar los miembros con diferentes módulos de elasticidad, el acercamiento de la sección equivalente puede utilizarse para el análisis. En este método, se selecciona para el cálculo ya sea el material usado en las láminas externas o internas y el que no es seleccionado se reemplaza con un área equivalente del material elegido, de manera que la fuerza causada por la flexión de la sección en el material reemplazado a cualquier distancia del eje neutro sea la misma que la que el material original está soportando en la misma posición. Con este método se forma una sección que utiliza solamente un

material y puede aplicarse la teoría de flexión, permitiendo que el esfuerzo en el material seleccionado se encuentre directamente. Para las láminas convertidas, el esfuerzo se encuentra multiplicando el esfuerzo calculado en esos miembros por el cociente entre el módulo de elasticidad *E* del material original y el *E* del material seleccionado (a este cociente se le llama relación modular). En el análisis debe usarse el valor medio de la clase de esfuerzo del MLE$E_{0,g,medio}$. Más información sobre este método se da en el Capítulo 9.

Tabla 38. Ejemplos de vigas encajonadas que cumplen con Tabla 36

Clases de resistencia	GL 24	GL 28	GL 32
Clase resistente de lámina para MLE homogéneo	C24	C30	C40
Clases resistentes de lámina para MLE combinado, interno/externo	C24/C18	C30/C24	C40/C30

Las propiedades características se obtienen de las ecuaciones de las ecuaciones dadas en la Tabla 37, usando propiedades extraídas del BS EN 338:2003 para la clase de resistencia usada según la lámina.
Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Los valores de diseño de los miembros laminados encolados se obtienen de la misma manera como se obtuvo en secciones de madera sólida, utilizando los factores del EC5 que apliquen según el material. Por ejemplo, para obtener la resistencia de diseño a flexión de un MLE, cumpliendo con la BS EN 1194:1999 se utiliza:

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_h \cdot k_{sis} \cdot f_{m,g,k}}{\gamma_M} \tag{8.2}$$

En donde k_{mod}, es el factor de modificación para duración de la carga y para las clases de servicio como se da en la Tabla 12, k_h es el factor de modificación por efectos del tamaño del miembro, referido a la Tabla 13, k_{sis} es el factor del sistema del cual se discute en 5.3.7, $f_{m,g,k}$ es la resistencia característica a flexión de la clase de resistencia del MLE, y γ_M es el coeficiente parcial debido a las propiedades del material, dado en la Tabla 14.

Ejemplo 8.1

Se tiene una serie de vigas de madera laminada encolada de 115 mm de ancho y 560 mm de peralte con un largo efectivo de 10.5 m para construir el techo de un salón de exhibiciones. El techo comprende cubiertas de madera blanda sólida machihembrada encolada expuestas en el lado inferior y en el lado superior, cubiertas con aislamiento y revestimiento protector del clima. Las cubiertas proveerán soporte lateral continuo a la viga pero las vigas no comparten cargas. La clase de resistencia de las vigas es GL 24h y funcionarán en las condiciones de la clase de servicio 1. La longitud del soporte en los extremos de cada viga es de 155 mm.

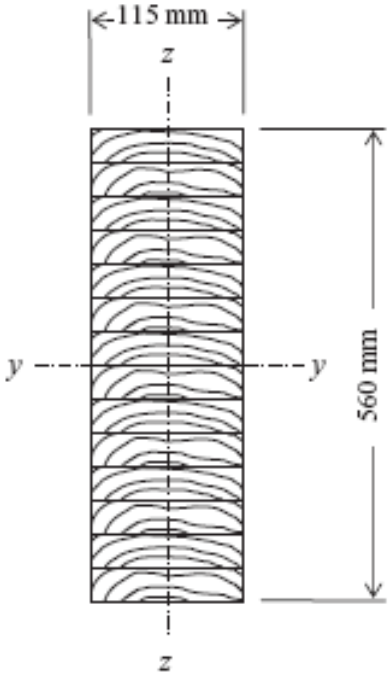
(a) Confirme que las vigas cumplen con los requerimientos de diseño del EC5.

Carga de las vigas:

Carga vertical permanente característica en cada viga: 1.4 kN/m

Carga vertical variable de corto plazo característica en cada viga: 2.5 kN/m

Figura 57. Perfil de viga MLE



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

1. **Propiedades geométricas de la viga laminada encolada**

   Ancho de cada viga, $b = 115mm$

   Peralte de cada viga, $h = 560mm$

   Longitud efectiva de cada viga, $l = 10.5m$

   Longitud de soporte en los extremos de cada viga, $l_b = 155mm$

   Módulo de sección de cada viga con respecto del eje y-y,

$$W_y = \frac{bh^2}{6} = \frac{(115mm)(560mm)^2}{6} 6.01 \times 10^6 mm^3$$

2. **Propiedades Tabla 36, GL 24h**

   Resistencia a flexión característica: $f_{m,g,k} = 24\ N/mm^2$

   Resistencia a corte característica: $f_{v,g,k} = 2.7\ N/mm^2$

   Resistencia a compresión característica: $f_{c,90,g,k} = 2.7\ N/mm^2$

Módulo de elasticidad medio paralelo a la veta: $E_{0,g,medio} = 11.6\ kN/mm^2$

Módulo de corte medio: $G_{0,g,medio} = 0.72\ kN/mm^2$

Densidad media de cada viga: $\rho_m = 456kg/m^3$

3. Fuerza actuante de diseño de cargas permanentes, de corto plazo y por peso propio para caso de carga crítico del ELU

$$F_{d,p} = \gamma_G G_{k,p} + \gamma_Q Q_{k,p} + \gamma_G G_{k,pesop}$$

$$F_{d,p} = 1.35(1.4kN/m) + 1.5(2.75kN/m) + 1.35(0.29\ kN/m)$$

$$F_{d,p} = 6.4\ kN/m$$

4. Resistencia a flexión

El caso de carga de diseño será debido a una combinación del peso propio y las cargas variables y permanentes:

Momento a flexión de diseño:

$$M_d = \frac{F_{d,p} l^2}{8} = \frac{6.4kN/m(10.5m)^2}{8} = 88.25\ kNm$$

Esfuerzo a flexión de diseño:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_d}{W_y} = \frac{88.25\ kNm(1000mm/m)}{6.01 \times 10^6 mm^3} 14.68\ N/mm^2$$

Resistencia a flexión de diseño:

$$f_{m,y,d} = \frac{k_{mod,corto} \cdot k_h \cdot k_{sis} \cdot f_{m,g,k}}{\gamma_M} = \frac{0.9 \cdot 1.1 \cdot 1 \cdot 24\ N/mm^2}{1.25} = 19.01\ N/mm^2$$

La resistencia a flexión es mayor que el esfuerzo a flexión

5. Resistencia a corte

El caso de carga de diseño será debido a una combinación del peso propio y las cargas variables y permanentes:

Cortante de diseño en el extremo:

$$V_d = \frac{F_{d,p} l}{2} = \frac{(6.4kN/m)(10.5m)}{2} 32.62\ kN$$

Esfuerzo cortante de diseño:

$$\tau_{v,d} = \frac{3(32.62\ kN)}{2(115mm)(560mm)} = 0.78\ N/mm^2$$

Resistencia cortante de diseño:

$$f_{v,d} = \frac{0.9 \cdot 1 \cdot 2.7\ N/mm^2}{1.25} = 1.94\ N/mm^2$$

La resistencia al cortante es satisfactoria.

6. Resistencia a esfuerzo de soporte (capacidad portante)

El caso de carga de diseño será debido a una combinación del peso propio de la viga y las cargas variables y permanentes:

Valor de diseño de la reacción en el extremo:

$$Reac_d = V_d = 32.62\ kN$$

Esfuerzo soporte de diseño:

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{Reac_d}{bl_b} = \frac{32.62\ kN}{(115\ mm)(155\ mm)} = 1.89\ N/mm^2$$

Resistencia a esfuerzo de soporte (capacidad portante):

$$k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = k_{c,90} \cdot \frac{k_{mod,corto} \cdot k_{sis} \cdot f_{c,90,g,k}}{\gamma_M} = \frac{0.9 \cdot 1 \cdot 2.7 N/mm^2}{1.25} = 1.94\ N/mm^2$$

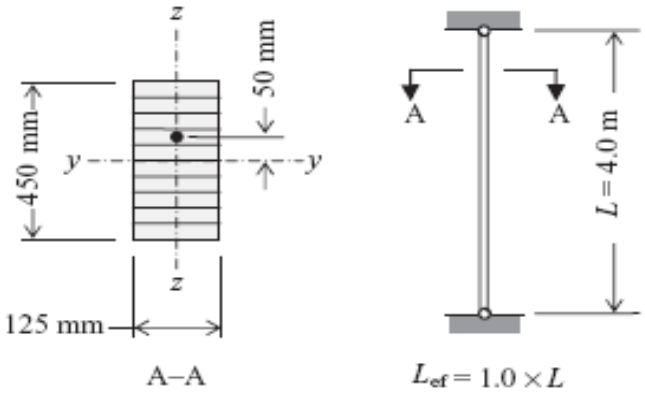
La resistencia al esfuerzo de soporte o capacidad portante es suficiente sin utilizar un factor mayor de 1 de $k_{c,90}$. (Debe calcularse este factor si la resistencia no es suficiente)

Ejemplo 8.2

La columna laminada encolada mostrada en la Figura55 está hecha de MLE combinado grado GL 24c, tiene una sección transversal de 125 mmx 450 mm, y funciona bajo las condiciones de la clase de servicio 2. Soporta una fuerza compresiva permanente característica (incluyendo ya una consideración por su preso propio) de 40 kN y una fuerza compresiva de mediano plazo variable característica de 75 kN. La columna es de 4 m de alto y es libre de moverse respecto al eje z-z y con respecto al y-y. La carga axial es excéntrica tal como se muestra en la Figura58.

Compruebe que la columna cumple con los requerimientos del ELU del EC5.

Figura 58. Columna MLE



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

1. Propiedades de la columna laminada encolada

Largo de la columna: $L = 4\ m$

Largo efectivo en el eje y-y: $L_{e,y} = 1.0L = 4\ m$

Largo efectivo en el eje z-z:$L_{e,z} = 1.0L = 4\ m$

Largo efectivo del miembro actuando como viga, con un momento constante en toda su longitud: $l_{ef} = L = 4m$

Ancho de la columna: $b = 125\ mm$

Peralte de la columna: $h = 450\ mm$

Área transversal: $A = b \cdot h = (125\ mm)(450\ mm) = 5.63 \times 10^4\ mm^2$

Momento de inercia con respecto al eje y-y:

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{(125\ mm)(450\ mm)^3}{12} = 9.49 \times 10^8 mm^4$$

Módulo de sección con respecto al eje y-y:

$$W_y = \frac{2 \cdot I_y}{h} = \frac{2 \cdot 9.49 \times 10^8 mm^4}{450\ mm} = 4.22 \times 10^6\ mm^3$$

Radio de giro con respecto al eje y-y:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{9.49 \times 10^8 mm^4}{5.63 \times 10^4\ mm^2}} = 129.9\ mm$$

Relación de esbeltez con respecto al eje y-y:

$$\lambda_y = \frac{L_{e,y}}{i_y} = \frac{4\ m \cdot 1000\ mm/m}{129.9\ mm} = 30.79$$

Momento de inercia con respecto al eje z-z:

$$I_z = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{(125\ mm)(450\ mm)^3}{12} = 7.32 \times 10^7 mm^4$$

Radio de giro con respecto al eje z-z:

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{7.32 \times 10^7 mm^4}{5.63 \times 10^4\ mm^2}} = 36.08\ mm$$

Relación de esbeltez con respecto al eje z-z:

$$\lambda_y = \frac{L_{e,z}}{i_z} = \frac{4\ m \cdot 1000\ mm/m}{36.08\ mm} = 110.85$$

2. Propiedades de Tabla 36, GL24c

Resistencia a flexión característica con respecto al eje y-y: $f_{m,y,g,k} = 24\ N/mm^2$

Resistencia a compresión característica paralela a la veta: $f_{c,0,g,k} = 21\ N/mm^2$

Módulo de elasticidad del cinco por ciento paralelo a la veta: $E_{0,g,05} = 9.4\ kN/mm^2$

Módulo de corte del cinco por ciento:

$$G_{0,g,05} = \frac{E_{0,g,05}}{16} = \frac{9.4\ kN/mm^2}{16} = 0.59\ kN/mm^2$$

3. Fuerza compresiva de diseño para combinación de carga crítica

$$N_d = \gamma_G G_k + \gamma_Q Q_k = 1.35(40\ kN) + 1.5(75\ kN) = 1.67 \times 10^5\ N$$

Momento de diseño con respecto al eje y-y:

$$M_{y,d} = N_d e_z = (1.67 \times 10^5\ N)(50\ mm) = 8.32\ kN\ m$$

4. Resistencia de la columna

El caso de carga de diseño crítico del ELU será debido a una combinación de cargas permanentes y variables de mediano plazo.

Esfuerzo a flexión de diseño con respecto al eje y-y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{8.32\ kN\ m \cdot 1000\ mm/m}{4.22 \times 10^6\ mm^3} = 1.97 N/mm^2$$

Resistencia a flexión de diseño con respecto al eje y-y:

$$f_{m,y,d} = \frac{k_{mod,med} \cdot k_h \cdot k_{sis} \cdot f_{m,y,g,k}}{\gamma_M} = \frac{0.8 \cdot 1.03 \cdot 1 \cdot 24 N/mm^2}{1.25} = 15.81\ N/mm^2$$

Esfuerzo de flexión crítico:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi b^2 \left[E_{0,g,05} G_{0,g,05} \left(1 - 0.63\frac{b}{h}\right)\right]^{0.5}}{h \cdot l_{ef}} =$$

$$\frac{\pi \cdot (125\ \ mm)^2 \left[9.4\ kN/mm^2 (0.59\ kN/mm^2) \left(1 - 0.63\frac{125\ mm}{450\ mm}\right)\right]^{0.5}}{450\ mm \cdot 4000\ mm} = 58.21\ N/mm^2$$

Esfuerzo a compresión de diseño:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{1.67 \times 10^5\ N}{5.63 \times 10^4\ mm^2} = 2.96\ N/mm^2$$

Resistencia a compresión de diseño:

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod,med} \cdot k_{sis} \cdot f_{c,0,g,k}}{\gamma_M} = \frac{0.8 \cdot 1 \cdot 21\ N/mm^2}{1.25} = 13.44\ N/mm^2$$

5. Condiciones de esfuerzos combinados

Condición de esfuerzo de compresión con respecto al eje y-y:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{2.96\ N/mm^2}{0.98 \cdot 13.44\ N/mm^2} + \frac{1.97 N/mm^2}{58.21\ N/mm^2} = 0.35 \leq 1$$

Condición de esfuerzo de compresión con respecto al eje z-z:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{2.96\ N/mm^2}{0.33 \cdot 13.44\ N/mm^2} + 0.7 \cdot \frac{1.97 N/mm^2}{58.21\ N/mm^2} = 0.75 \leq 1$$

Condición de esfuerzos combinados:

$$\left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} = \left(\frac{2.96\ N/mm^2}{1 \cdot 58.21\ N/mm^2}\right)^2 + \frac{2.96\ N/mm^2}{0.33 \cdot 13.44\ N/mm^2} = 0.67 \leq 1$$

Debido a que todas las relaciones son menores que la unidad, el miembro laminado encolado cumplirá los requerimientos del EC5.

8.4 Diseño de miembros de madera laminada encolada (y laminada contrachapada)

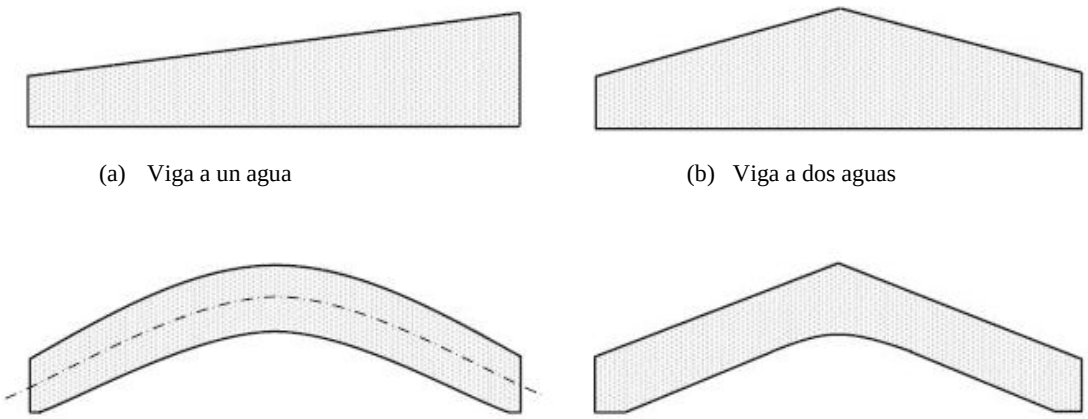
Las vigas laminadas encoladas (y contrachapadas) pueden ser inclinadas o curvadas de manera que permitan: alcanzar ciertos requerimientos arquitectónicos, proveer techos inclinados, obtener máximo espaciamiento y/o reducir requerimientos de altura de las paredes en los soportes de los extremos. Las configuraciones más comunes que se usan en estructuras de madera son vigas contrachapadas y vigas curvadas con una sección transversal rectangular, como se ve en la Figura 59.

Debido a las superficies con pendiente, la distribución de esfuerzos flectores no es lineal en ninguna dirección y, en la zona del vértice de los tipos de vigas de las Figuras 59 inciso (b)-(d), se inducen esfuerzos radiales perpendiculares a la veta.

Si el momento flector tiende a aumentar el radio de curvatura, los esfuerzos radiales serán de tensión perpendicular a la veta, y si tiende a disminuir el radio de curvatura, los esfuerzos radiales serán de compresión perpendicular a la veta.

Con estos tipos de viga, se recomienda que las láminas se pongan paralelamente con el borde a tensión de manera que los lados inclinados estén de cara a la compresión al ser sujetas a condiciones normales de carga.

Figura 59. Vigas: a una y dos aguas, curva y a dos aguas con intradós curvo



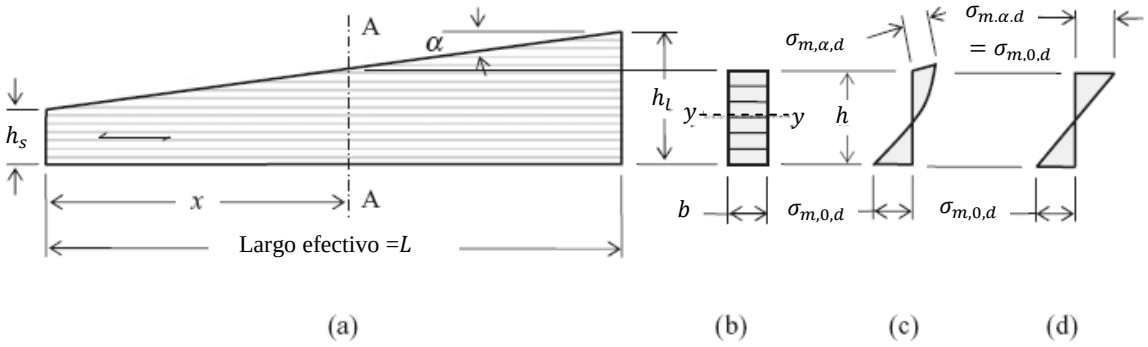
(a) Viga a un agua (b) Viga a dos aguas

(c) Viga curva (d) Viga a dos aguas con intradós curvo

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

8.4.1Diseño de vigas a un agua. Estas vigas son de sección rectangular y con pendiente constante de borde a borde, como se muestra en la Figura 60. No se establece límite superior en el EC5 para el ángulo de la pendiente, α, pero en la práctica usualmente estaría entre 0° a 10°.

Figura 60. Viga a un agua



(a) elevación; (b) sección A-A; (c) esfuerzo flector; y (d) distribución de esfuerzos flectores usados en el EC5 en la sección A-A

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Estos tipos de vigas se usan para construcción de techos y los criterios de chequeo críticos se relacionarán con el esfuerzo máximo de corte y el esfuerzo máximo a flexión en el Estado Límite de Servicio ELS y con las deflexiones en el Estado Límite Último ELU.

Con respecto al cortante máximo y debido a la pendiente en la viga, la distribución del esfuerzo de corte va a variar a través de todo el peralte de cualquier sección y a través de la longitud de la

viga. Cuando la viga esté sujeta a cargas distribuidas uniformes o a una carga puntual en el centro de la viga, el esfuerzo cortante máximo ocurrirá a la mitad de la altura de la viga, en donde el peralte sea h_s. Éste cortante máximo será:

$$\tau_{v,d} = \frac{1.5V_d}{bh_s} \tag{8.3}$$

donde V_d es el corte de diseño al final de la viga y b es su ancho.

La resistencia a cortante de diseño de una viga rectangular a un agua, se deriva de la misma forma que en 6.5.2 para una sección rectangular uniforme:

$$f_{v,g,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_{sis} \cdot f_{v,g,k}}{\gamma M} \tag{8.4}$$

donde los factores son tal cual previamente se definieron y$f_{v,g,k}$es la resistencia a cortante característica de la clase de resistencia del MLE que se esté utilizando. Si se utilizan configuraciones de viga que no cumplan con la Tabla 36, la resistencia a cortante debe basarse en la resistencia a cortante de las láminas internas.

Debido a la inclinación, cuando la viga está sujeta a un momento flector M, la distribución del esfuerzo flector a través de la sección no será lineal, tal como se indica en la Figura 60 inciso (c). En cualquier sección transversal a lo largo de la viga a un agua, el esfuerzo máximo paralelo a la cara inclinada de la viga, sobre la cara inclinada, y el esfuerzo a la tensión horizontal sobre la cara horizontal, pueden aproximarse a:

$$Esfuerzoflectorsobrecarainclinada = (1 - 3.7tan^2\alpha)M/W_y \tag{8.5a}$$
$$Esfuerzoflectorsobrecarahorizontal = (1 + 3.7tan^2\alpha)M/W_y \tag{8.5b}$$

donde W_y es el módulo de sección sobre el eje y-y.

En el EC5, para simplificar los procesos de diseño, los esfuerzos en la sección se derivan utilizando la teoría convencional de flexión elástica, ignorando el efecto de la inclinación en la viga a un agua. La resistencia a la flexión en la cara inclinada, actuando paralelamente a la cara inclinada y el esfuerzo a flexión en la superficie horizontal en la cara inferior de la viga, tal como se muestra en la Figura 60 inciso (c), son iguales al esfuerzo que se obtiene asumiendo que no hay inclinación, como se muestra en la Figura 60 inciso (d). Como se ve en las ecuaciones (8.5), esta sería una aproximación segura en cuanto al esfuerzo en la cara inclinada, pero subestimaría el esfuerzo de la cara inferior. Para vigas a un agua con una inclinación de 10%, el esfuerzo en la

cara inferior paralela se subestimaría un máximo de 11%. Cuando la inclinación aumenta más allá del 10%, la subestimación en el valor del esfuerzo en la cara inferior incrementa relativamente rápido y se recomienda que en esas circunstancias la ecuación (8.5b) se use para calcular el esfuerzo flector máximo en esta posición, comparándolo con la resistencia máxima a flexión de la sección.

Según las aproximaciones en el EC5, cuando se experimenta un momento de diseño M_d en la posición x, medido desde la parte inicial de la viga en donde el peralte es h_s, tal como se muestra en la Figura 60, el esfuerzo a flexión máximo en la cara que está inclinada un ángulo α con respecto de la veta y en la fibra externa paralela a la veta sería:

$$\sigma_{m,\alpha,d} = \sigma_{m,0,d} = \frac{M_d}{W} \tag{8.6}$$

(EC5, ecuación (6.37))

donde$\sigma_{m,\alpha,d}$ es el esfuerzo de diseño a un ángulo α de la veta, como se muestra en la Figura 60 inciso (d), y $\sigma_{m,0,d}$ es el esfuerzo de diseño paralelo a la veta, también como se muestra en la Figura 60 inciso (d). Wes el módulo de sección en la posición de aplicación del momento = $bh^2/6$, siendo b el ancho y $h$el peralte en la posición x.

Tabla39. Posición y valor del esfuerzo flector máximo

Condición de carga en una viga simplemente soportada	Posición del esfuerzo flector máximo, medida desde el extremo en donde el peralte es h_s	Módulo de sección W, en la posición del esfuerzo máximo.	Esfuerzos flectores máximos$\sigma_{m,\alpha,d}$, $\sigma_{m,0,d}$de la sección en x
Carga uniformemente distribuida, q_d	$x = \frac{L}{\left(1+\frac{h_l}{h_s}\right)}$	$W_x = \frac{2b}{3}\left(\frac{h_l}{\left(1+\frac{h_l}{h_s}\right)}\right)^2$	$\frac{q_d x(L-x)}{2W_x}$
Carga puntual Q_d a la mitad de la viga	Cuando $\frac{h_l}{h_s} \leq 3$: $x = \frac{L}{2}$	$W1_x = \frac{b(h_l+h_s)^2}{24}$	$\frac{Q_d x}{2W1_x}$
	Cuando$\frac{h_l}{h_s} > 3$: $x = \frac{L}{\left(\frac{h_l}{h_s}-1\right)}$	$W2_x = \frac{2}{3}bh_s^2$	$\frac{Q_d x}{2W2_x}$

Posición y valor del esfuerzo flector máximo en una viga a un agua sujeta a diferentes condiciones de carga

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Estos esfuerzos serán función del tipo de carga y de la geometría de la viga, y cuando la viga sea simplemente soportada con un perfil como en la Figura 60. El esfuerzo máximo ocurrirá cuando *x* tenga el valor que se da en la Tabla 39. Los valores de los esfuerzos máximos cuando la posición es x también se dan en la tabla.

El requerimiento de diseño en el EC5 es que la resistencia de diseño $\sigma_{m,\alpha,d}$ que está en la fibra externa de la cara inclinada debe cumplir esta expresión:

$$\sigma_{m,\alpha,d} \leq k_{m,\alpha} f_{m,d} \tag{8.7}$$

(EC5, ecuación (6.38))

donde$f_{m,d}$es la resistencia de flexión de diseño del MLE como se define en la ecuación (8.2) y $k_{m,\alpha}$es:

(a) Para esfuerzos tensores paralelos a la cara inclinada de la viga:

$$k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1+\left(f_{m,d}/\left(0.75 f_{v,d}\right)\tan\alpha\right)^2+\left(\left(f_{m,d}/f_{t,90,d}\right)tan^2\,\alpha\right)^2}} \tag{8.8}$$

(EC5, ecuación (6.39))

donde$f_{v,d}$ es el esfuerzo de corte de diseño, y para una viga laminada encolada:

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod} k_{sis} f_{v,g,k}}{\gamma M}$$

$f_{t,90,d}$es el esfuerzo a tensión de diseño de la viga, y para una viga laminada encolada:

$$f_{t,90,d} = \frac{k_{mod} k_{sis} f_{t,90,g,k}}{\gamma M}$$

(b) Para esfuerzos de compresión paralelos a la cara inclinada de la viga:

$$k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1+\left(f_{m,d}/\left(1.5 f_{v,d}\right)\tan\alpha\right)^2+\left(\left(f_{m,d}/f_{c,90,d}\right)tan^2\,\alpha\right)^2}} \tag{8.9}$$

(EC5, ecuación (6.40))

donde$f_{c,90,d}$ es el esfuerzo de diseño a compresión perpendicular a la veta y para una viga laminada encolada:

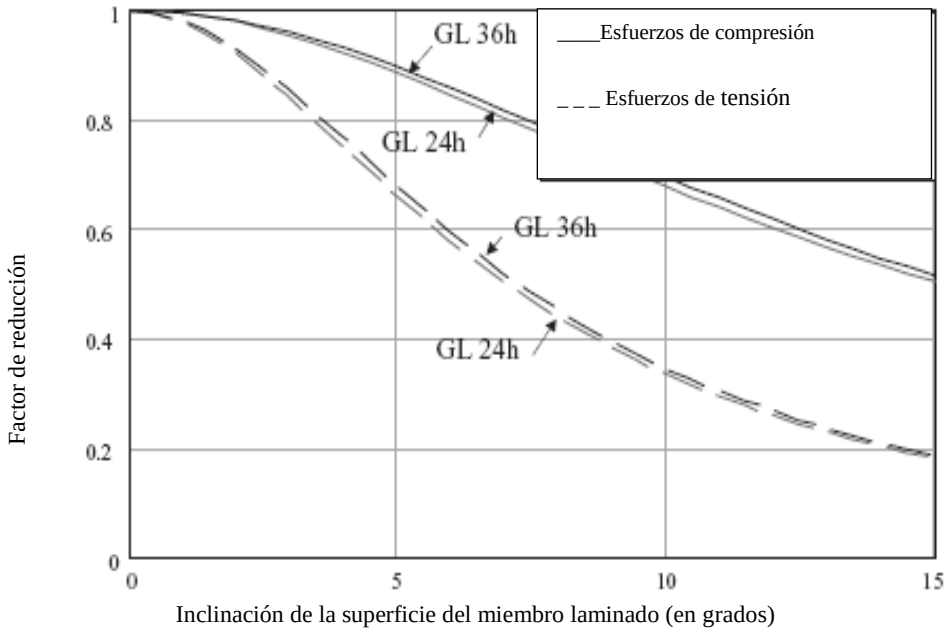
$$f_{c,90,d} = \frac{k_{mod} k_{sis} f_{c,90,g,k}}{\gamma M}$$

En la ecuación anteriork_{mod}, k_{sis} y γM se definen de la misma manera que ya se describió y $f_{v,g,k}$, $f_{t,90,g,k}$ y $f_{c,90,g,k}$ son respectivamente, el esfuerzo de corte característico, el esfuerzo característico de tensión perpendicular a la veta y el

esfuerzo característico de compresión perpendicular a la veta. En la Tabla 36 se dan valores de las propiedades de resistencia para GL 24, GL 28 y GL 32.

La Figura 61 muestra el efecto del factor de reducción $k_{m,\alpha}$ cuando se aplica a vigas homogéneas. Puede verse que el valor del factor de reducción depende primordialmente del ángulo de la inclinación de la cara de la viga y que el factor de reducción más alto siempre se asocia con la condición en donde la cara inclinada está sujeta a tensión. Por ejemplo, cuando se utiliza una viga a un agua con inclinación de 10°, independientemente del grado de resistencia del MLE, la resistencia a la flexión al ser sujeta a esfuerzos flectores de tensión paralelos a la cara inclinada de la viga, será aproximadamente un 35% de la resistencia de una viga recta del mismo peralte. En las mismas condiciones, pero aplicando un esfuerzo flector de compresión, la resistencia aumenta a 70% de la resistencia de una viga recta del mismo peralte.

Figura 61. Factor de reducción de resistencia $k_{m,\alpha}$ para MLE



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Cuando el esfuerzo que se considera es un esfuerzo flector de compresión, debe considerarse el efecto de inestabilidad lateral. Para estas condiciones:

$$\sigma_{m,0,d} \leq k_{crit} f_{m,d}$$

y/o

$$\sigma_{m,\alpha,d} \leq k_{crit} k_{m,\alpha} f_{m,d} \qquad (8.10)$$

En la ecuación (8.10) las funciones son como se definieron anteriormente y k_{crit} es el factor de inestabilidad lateral torsional al cual se refieren en 6.5.1.2. Un valor conservador aproximado de este factor se obtiene asumiendo un peralte uniforme h_l.

Si se toma en cuenta el factor de tamaño o surge una condición de carga diferente a las que se refiere la Tabla 39, la manera de obtener la condición de esfuerzo máximo es prueba y error, calculando los esfuerzos por intervalos a través de la longitud de la viga.

Debido a que el perfil no es prismático, los cálculos de las deflexiones deben tomarse más en cuenta que en las vigas con perfiles prismáticos o uniformes. Las ecuaciones para calcular las deflexiones por corte y por flexión para este tipo de vigas sujetas o ya sea una carga puntual en el medio o una carga distribuida, deben calcularse de acuerdo al caso. Se asume que las deflexiones máximas se dan en el medio de la viga, lo cual es aceptable para el propósito de diseño.

8.4.2 Diseño de vigas a dos aguas, curvas y a dos aguas con intradós curvo.

Estos tipos de vigas se muestran en la Figura 62 y todos son de sección transversal rectangular. Los chequeos críticos de diseño para este tipo de vigas son los mismos que se utilizan en el inciso anterior para vigas a un agua.

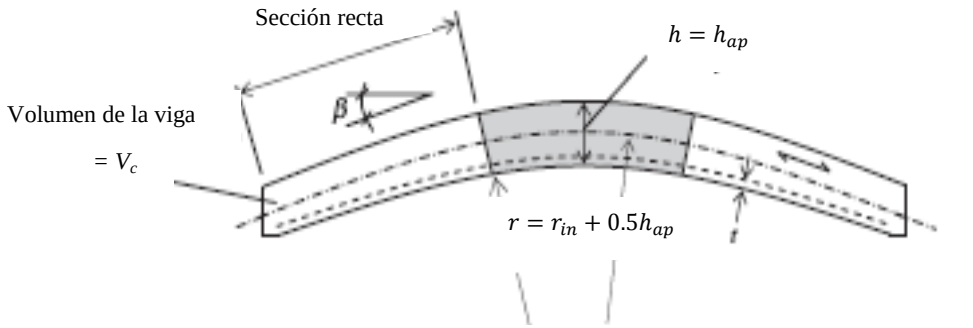
En el ELU deben chequearse tanto el esfuerzo de corte máximo y el esfuerzo flector máximo, y en el ELS debe chequearse el comportamiento en cuanto a la deformación. En estos perfiles, aparte de los chequeos mencionados en el área inclinada de la viga, debe tomarse en cuenta la condición de esfuerzos en la zona del vértice, considerando los efectos en la resistencia del material:

- Los esfuerzos residuales causados por los procesos de producción.
- La distribución de esfuerzos y efectos de volumen.
- la combinación de esfuerzos de corte en la zona y esfuerzos de tensión radiales perpendiculares a las láminas causados por flexión.

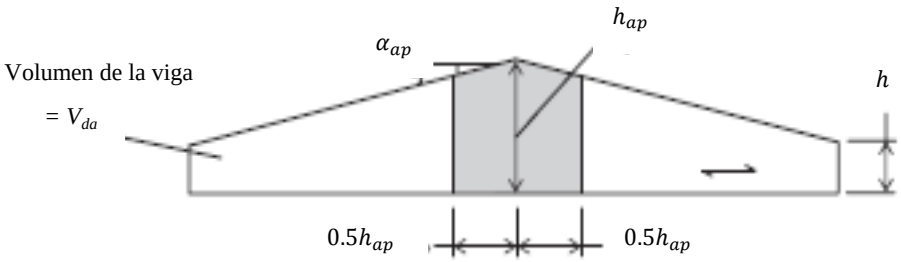
El volumen esforzado en el área del vértice afectada por esfuerzos radiales se ilustra en la Figura 62 y en el EC5 se llama zona del vértice. Esta zona debe limitarse a un máximo de $2/3\,V_b$, donde V_b es el volumen total de la viga.

8.4.2.1Esfuerzos flectores y radiales en la zona del vértice –para vigas a dos aguas y vigas a dos aguas con intradós curvo. En la zona del vértice de vigas a dos aguas y vigas a dos aguas con intradós curvo, la distribución de esfuerzo flector es compleja y no lineal, tal como se ve en la Figura 63 para una viga a dos aguas. El esfuerzo flector en la zona del vértice será cero y la distribución de esfuerzos flectores será como se muestra en la Figura 63 inciso (c). El esfuerzo radial inducido en la sección será máximo en la posición del eje neutro y la distribución será como se muestra en la Figura 63 inciso (d).

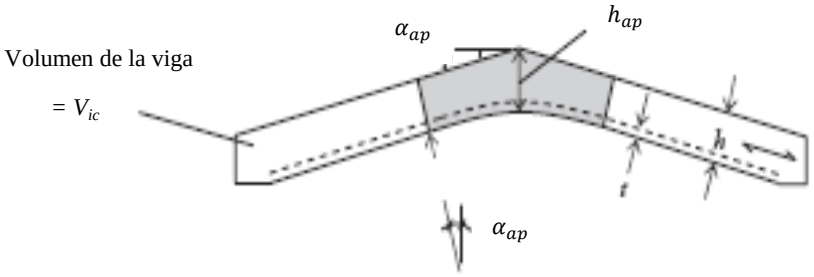
Figura 62. Zonas del vértice sombreadas para cada tipo de viga



(a) Viga curva



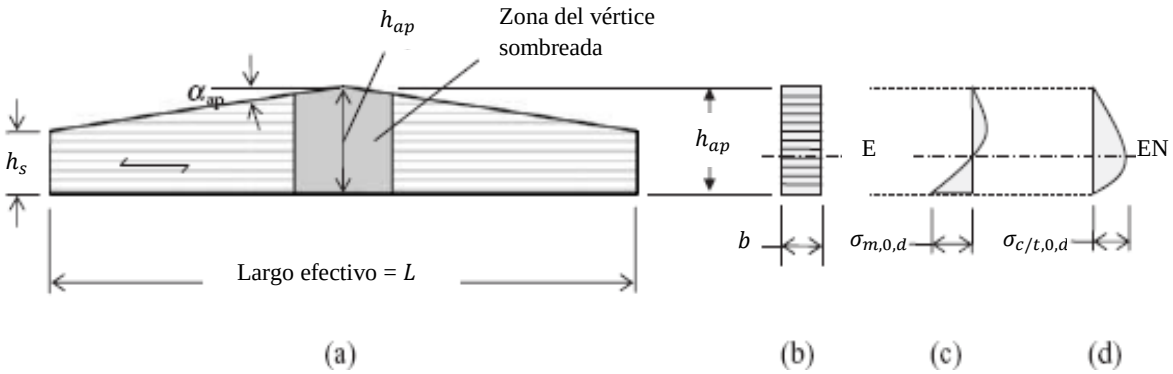
(b) Viga a dos aguas



(c) Viga a dos aguas con intradós curvo

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Figura 63. Esfuerzo radial y flector en la zona del vértice de una viga a dos aguas



(a) Elevación; (b) sección en el vértice; (c) esfuerzo flector en el vértice; (d) esfuerzo radial en el vértice.

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

8.4.2.1.1 Esfuerzo flector en la zona del vértice. Bajo la acción de un momento $M_{ap,d}$ en el vértice, el esfuerzo flector máximo $\sigma_{m,0,d}$ que se muestra en la Figura 63 inciso (c) se define en el EC5 así:

$$\sigma_{m,0,d} = k_l \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2} \tag{8.11}$$

(EC5, ecuación (6.42))

en donde b y h_{ap} son el ancho y peralte respectivamente, de la sección en el vértice como se muestra en la Figura 63 inciso (b) y k_l se obtiene de:

$$k_l = k_1 + k_2\left(\frac{h_{ap}}{r}\right) + k_3\left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2 + k_4\left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^3 \tag{8.12}$$

(EC5, ecuación (6.43))

$$k_1 = 1 + 1.4\tan(\alpha_{ap}) + 5.4\tan^2(\alpha_{ap}) \tag{8.13}$$

(EC5, ecuación (6.44))

$$k_2 = 0.35 - 8\tan(\alpha_{ap}) \tag{8.14}$$

(EC5, ecuación (6.45))

$$k_3 = 0.6 + 8.3\tan(\alpha_{ap}) - 7.8\tan^2(\alpha_{ap}) \tag{8.15}$$

(EC5, ecuación (6.46))

$$k_4 = 6\tan^2(\alpha_{ap}) \tag{8.16}$$

(EC5, ecuación (6.47))

$$r = r_{in} + 0.5h_{ap} \tag{8.17}$$

(EC5, ecuación (6.48))

en donde r_{in} es el radio interno de la viga, como se muestra en la Figura 62 inciso (c).

8.4.2.1.2 Esfuerzo radial en la zona del vértice. El esfuerzo radial en una viga a dos aguas y en una viga a dos aguas con intradós curvo, puede tomarse que es máximo en la posición del eje neutral, tal como se muestra en el caso de una viga a dos aguas en la Figura 63 inciso (d). El esfuerzo se reduce a cero en las caras superior e inferior.

Bajo la acción de un momento de diseño, $M_{ap,d}$ la condición del esfuerzo radial crítico en el vértice será el esfuerzo a tensión máximo perpendicular a la veta, $\sigma_{t,90,d}$ y éste se define:

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2} \tag{8.18}$$

(EC5, ecuación (6.54))

donde$b$ y h_{ap} son el ancho y el peralte de la sección del vértice como se muestra en la Figura 63 inciso (b) y para una viga a dos aguas $k_p = 0.2\tan(\alpha_{ap})$ y para una viga a dos aguas con intradós curvo se obtiene de esta forma:

$$k_p = k_5 + k_6\left(\frac{h_{ap}}{r}\right) + k_7\left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2 \tag{8.19}$$

(EC5, ecuación (6.56))

$$k_5 = 0.2\tan(\alpha_{ap}) \tag{8.20}$$

(EC5, ecuación (6.57))

$$k_6 = 0.25 - 1.5\tan(\alpha_{ap}) + 2.6\tan^2(\alpha_{ap}) \tag{8.21}$$

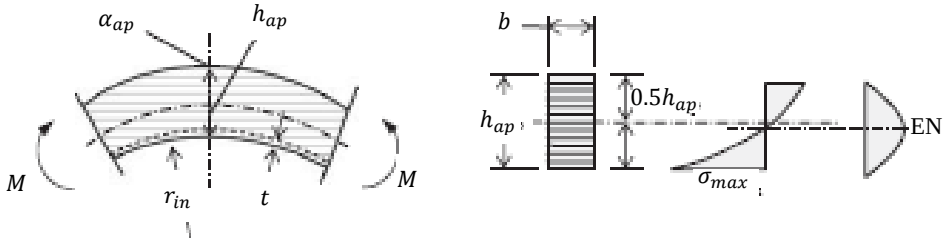
(EC5, ecuación (6.58))

$$k_7 = 2.1\tan(\alpha_{ap}) + 4\tan^2(\alpha_{ap}) \tag{8.22}$$

(EC5, ecuación (6.59))

r, tal como se define en ecuación (8.17):$r = r_{in} + 0.5h_{ap}$

Figura 64. Esfuerzos radiales y flectores en una viga curva



(a) Elevación de viga curva (b) Sección de viga (c) Esfuerzo flector (d) Esfuerzo radial (tensión)

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

8.4.2.2 Esfuerzos flectores y radiales en la zona del vértice –de una viga curva. A diferencia de una viga recta uniforme, la distribución a lo largo de cualquier sección de cualquier viga curva no es lineal, como se muestra en la Figura 64. La posición del eje neutro estará bajo el eje centroidal y la distribución del esfuerzo flector será como se muestra en la Figura 64 inciso (c), con el esfuerzo flector máximo en la posición del radio interior.

El esfuerzo radial inducido en la sección será máximo en el eje neutro, y se va reduciendo a medida que se aleja del centro de una forma no lineal, tal como se ve en la Figura 64 inciso (d).

8.4.2.2.1 Esfuerzo flector en la zona del vértice. La distribución de esfuerzos en una viga curva puede obtenerse utilizando la función de esfuerzos de Airy en términos de coordenadas polares, y el esfuerzo flector máximo ocurrirá en la posición del radio interior, como se muestra en la Figura 64 inciso (c). En el EC5, se hace una aproximación al valor máximo de este esfuerzo flector en la posición del radio interior en la zona del vértice de una viga curva de ancho b y peralte h_{ap} cuando está sujeta a un momento de diseño M_d:

$$\sigma_{m,0,d} = k_{curvo,b} \frac{6M_d}{bh_{ap}^2} \tag{8.23}$$

en donde,

$$k_{curvo,b} = 1 + 0.35\left(\frac{h_{ap}}{r}\right) + 0.6\left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2 \tag{8.24}$$

r, tal como se define en ecuación (8.17):$r = r_{in} + 0.5h_{ap}$

8.4.2.2.2 Esfuerzo radial en la zona del vértice. Al igual que en las vigas a dos aguas y a dos aguas con intradós curvo, el esfuerzo radial se encuentra en la posición del eje neutro y se reduce a cero en las caras superior e inferior, como se ve en la Figura 64 inciso (d).

Para una viga curva de ancho b y peralte h_{ap} bajo la acción del momento de diseño $M_{ap,d}$ en la zona del vértice, el esfuerzo máximo de tensión perpendicular a la veta, $\sigma_{t,90,d}$ en la posición del eje neutro se obtiene:

$$\sigma_{t,90,d} = k_{curvo,t} \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2} \tag{8.25}$$

(EC5, ecuación (6.54))

en donde $k_{curvo,b} = 0.25\left(\frac{h_{ap}}{r}\right)$ y$r = r_{in} + 0.5h_{ap}$ tal como se definió en la ecuación (8.17)

8.4.2.3 Resistencia a flexión en la zona del vértice –para vigas a dos aguas, vigas curvas y vigas a dos aguas con intradós curvo. Cuando se hace una viga laminada encolada curva o a dos aguas con intradós curvo, las láminas se doblan a la curvatura requerida por la viga y en consecuencia están sujetas a un esfuerzo flector. Este efecto no es relevante para vigas a dos aguas, ya que éstas se producen con vigas laminadas encoladas convencionales, formadas con láminas rectas.

Para tomar en cuenta este efecto flector en la resistencia a flexión de la viga laminada encolada, se le aplica un factor de reducción de esfuerzos, y el esfuerzo a flexión de diseño reducido se obtiene con la ecuación:

$$f_{r,m,0,d} = k_r f_{m,0,d} \tag{8.26}$$

donde $f_{m,0,d}$ se define como está en la ecuación (8.2) y k_r es el factor de reducción. Como en el caso de vigas a dos aguas no hay reducción del esfuerzo, el factor de reducción sería 1. Para vigas curvas y a dos aguas con intradós curvo, el factor se basa en la relación r_{in}/t que tiene las siguientes condiciones en el EC5:

- si $r_{in}/t \geq 240$ no se requiere reducción de la resistencia.
- si $r_{in}/t < 240$ el factor de modificación es $0.76 + 0.001(r_{in}/t)$.

El radio interno r_{in} de la viga curva y el espesor de la lámina t, se muestran en la Figura 62.

8.4.2.4 Resistencia radial a tensión en la zona del vértice –para vigas a dos aguas, vigas curvas y vigas a dos aguas con intradós curvo. El volumen y el esfuerzo afectan la resistencia a tensión en la zona del vértice, por ello, se han desarrollado factores que contrarresten estos efectos. En el EC5, la resistencia a tensión de diseño, $f_{r,t,90,d}$ de la viga perpendicular a la veta, se obtiene:

$$f_{r,t,90,d} = k_{dis} k_{vol} f_{t,90,d} \tag{8.27}$$

donde $f_{t,90,d}$ es como se definió en la ecuación (8.8) y k_{dis} es el factor de distribución de esfuerzos en la zona del vértice:

- 1.4 para vigas a dos aguas y vigas curvas, y
- 1.7 para vigas a dos aguas con intradós curvo

k_{vol}es un factor de volumen, que para madera sólida es igual a 1, y para madera laminada encolada y para madera contrachapada:

$$k_{vol} = \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0.2}$$

en donde todas las chapas o láminas van paralelamente al eje de la viga y V_0 es el volumen de referencia contra el cual se compara y es igual a 0.01 m^3. Ves el volumen (en m^3) esforzado en la zona del vértice con un valor mínimo de $2V_{viga}/3$, en donde V_{viga} es el volumen de la viga.

En la Tabla 40 se da el volumen esforzado V, a partir de la geometría de la zona del vértice, para los tipos de vigas mostrados en la Figura 62 de ancho b

Tabla 40. Volumen esforzado en la zona del vértice

Figura de referencia	Tipo de viga	Volumen esforzado (V)	Valor máximo admisible del volumen esforzado
Figura 62 inciso (a)	Viga curva	$\frac{\beta\pi}{180} b\left(h_{ap}^2 + 2h_{ap}r_{in}\right)$	$\frac{2}{3}V_c$
Figura 62 inciso (b)	Viga a dos aguas	$bh_{ap}^2\left(1 - 0.25\tan(\alpha_{ap})\right)$	$\frac{2}{3}V_{da}$
Figura 62 inciso (c)	Viga a dos aguas con intradós curvo	$b\left(\sin(\alpha_{ap})\cos(\alpha_{ap})\left(r_{in} - h_{ap}\right)^2 - r_{in}^2\frac{\alpha_{ap}\pi}{180}\right)$	$\frac{2}{3}V_{ic}$

Las referencias de volúmenes de las vigas se muestran en la Figura 64. Los ángulos β y α, están en grados.

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

8.4.2.5 Criterio para esfuerzo de flexión –para vigas a dos aguas, vigas curvas y vigas a dos aguas con intradós curvo. Para alcanzar un diseño aceptable, el esfuerzo flector de diseño en la zona del vértice no debe exceder la resistencia a flexión reducida, i.e.:

$$\sigma_{m,0,d} \leq k_r f_{m,0,d} \tag{8.28}$$

(EC5, ecuación (6.41)

en donde $\sigma_{m,0,d}$ es el esfuerzo de flexión a tensión de diseño en la zona del vértice y se obtiene de 8.4.2.1.1 para vigas a dos aguas y para vigas a dos aguas con intradós curvo y para vigas a un agua se obtiene de 8.4.2.2.1. $f_{m,0,d}$es la resistencia a flexión de diseño reducida en la zona del vértice y se obtiene de 8.4.2.3 para vigas a dos aguas, vigas a dos aguas con intradós curvo y vigas curvas.

8.4.2.6 Criterio para esfuerzo de tensión radial –para vigas a dos aguas, vigas curvas y vigas a dos aguas con intradós curvo.

Para alcanzar un diseño aceptable, el esfuerzo de tensión de diseño perpendicular a la veta en la zona del vértice para determinado tipo de viga, no debe ser mayor que la resistencia reducida de diseño, i.e.:

$$\sigma_{t,90,d} \leq k_{dis} k_{vol} f_{t,90,d} \tag{8.29}$$

(EC5, ecuación (6.50)

en donde $\sigma_{t,90,d}$ es el esfuerzo a tensión de diseño en la zona del vértice, que se obtiene de las secciones 8.4.2.1.2 para vigas a dos aguas y vigas a dos aguas con intradós curvo, y de la sección 8.4.2.2.2 para vigas curvas; $k_{dis} k_{vol} f_{t,90,d}$ es la resistencia a tensión de diseño en la zona del vértice y se obtiene de la sección 8.4.2.4.

8.4.3 Diseño de vigas a dos aguas, vigas curvas y vigas a dos aguas con intradós curvo, sujetas a corte y tensión perpendiculares a la veta.

En vigas a dos aguas, vigas curvas y vigas a dos aguas con intradós curvo con ancho b y peralte h_{ap} que estén sujetas a esfuerzos combinados de corte y de tensión en la zona del vértice y perpendicularmente a la dirección de la veta, se utiliza el siguiente criterio del EC5:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} + \frac{\sigma_{t,90,d}}{k_{dis} k_{vol} f_{t,90,d}} \leq 1 \tag{8.30}$$

(EC5, ecuación (6.53))

en donde:

- τ_d es el esfuerzo de corte de diseño en la zona del vértice. Si la fuerza de corte en la zona del vértice es F_d, el esfuerzo de diseño puede asumirse$\tau_d = 3F_d/2bh_{ap}$
- $f_{v,d}$ es la resistencia a corte de diseño de la viga y para una viga MLE es $k_{mod} k_{sis} f_{vg,k}/\gamma M$, en donde cada variable es tal como se definieron previamente.
- $\sigma_{t,90,d}$ es el esfuerzo a tensión de diseño en el vértice y según el tipo de viga se obtiene de 8.4.2.1.2 y8.4.2.2.2
- $k_{dis} k_{vol} f_{t,90,d}$ es la resistencia a tensión reducida perpendicular a la veta y se obtiene de 8.4.2.4

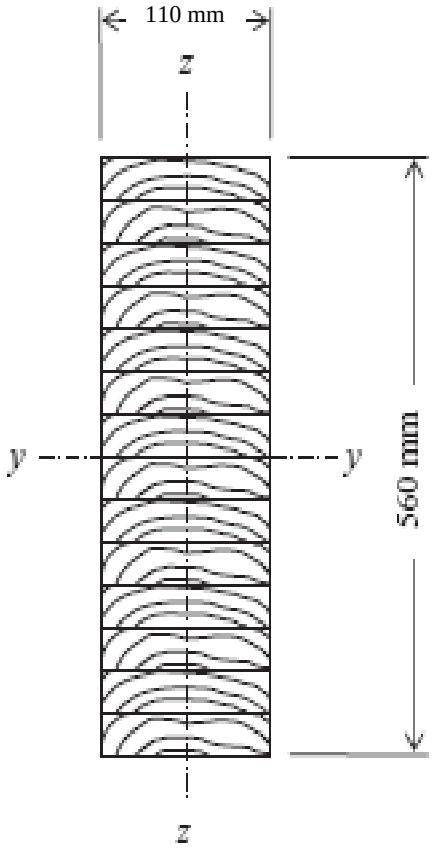
Ejemplo 8.3

Se tiene una serie de vigas de madera laminada encolada de 110 mm de ancho y 560 mm de peralte con un largo efectivo de 10.5 m para construir el techo de un salón de exhibiciones. El techo comprende cubiertas de madera blanda sólida machihembrada encolada expuestas en el lado inferior y en el lado superior, cubiertas con aislamiento y revestimiento protector del clima. Las cubiertas proveerán soporte lateral continuo a la viga pero las vigas no comparten cargas. La clase de resistencia de las vigas es GL 24h y funcionarán en las condiciones de la clase de servicio 1. La longitud del soporte en los extremos de cada viga es de 155 mm.

(a) Compruebe que las vigas cumplen con los requerimientos de diseño del EC5.

Carga de las vigas:
Carga vertical permanente característica en cada viga: 1.4 kN/m
Carga vertical variable de corto plazo característica en cada viga: 2.5 kN/m

Figura 65. Perfil de miembro MLE



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

1. **Propiedades geométricas de la viga laminada encolada**

   Ancho de cada viga, $b = 110\ mm$

   Peralte de cada viga, $h = 560\ mm$

   Longitud efectiva de cada viga, $l = 10.5\ m$

   Longitud de soporte en los extremos de cada viga, $l_b = 155\ mm$

   Módulo de sección de cada viga con respecto del eje y-y,

$$W_y = \frac{bh^2}{6} = 5.75 \times 10^6 mm^3$$

2. **Propiedades de MLE**

   Tabla 36, GL 24h

   Resistencia a flexión característica: $f_{m,g,k} = 24\ N/mm^2$

   Resistencia a corte característica: $f_{v,g,k} = 2.7\ N/mm^2$

   Resistencia a compresión característica: $f_{c,90,g,k} = 2.7\ N/mm^2$

   Módulo de elasticidad medio paralelo a la veta: $E_{0,g,medio} = 11.6\ kN/mm^2$

   Módulo de corte medio: $G_{0,g,medio} = 0.72\ kN/mm^2$

   Densidad media de cada viga (basada en la relación ρ_m/ρ_k obtenida de BS EN 338:2003):

$$\rho_m = 456 kg/m^3$$

3. **Factores de seguridad parciales**

   Tabla16 (UKNA para BS EN 1990:2002, Tabla NA.A1.2(B)) para los estados límite últimos (ELU):

   Acciones (cargas) permanentes, $\gamma_G = 1.35$

   Acciones (cargas) variables, $\gamma_Q = 1.5$

   Factor por acción (carga) variable cuasi-permanente, Tabla 10 (UKNA para BS EN 1990:2002, Tabla NA.A1.1), $\psi_2 = 0.0$

   De Tabla 14 (UKNA para EC5, Tabla NA.3)

   Factor por material MLE en ELU, $\gamma_M = 1.25$

4. **Acciones (cargas)**

   Peso propio de la viga, $G_{k,pesop} = bhg\rho_m = 0.28\ kN$

   Acción de diseño debido al peso propio, $F_{d,pesop} = \gamma_G G_{k,pesop} = 0.37\ kN/m$

   Acción permanente característica en la viga, $G_{k,p} = 1.4\ kN/m$

Acción variable (impuesta) característica de corta duración, $Q_{k,p} = 2.75\ kN/m$

Acción de diseño debido a acción permanente, acción de corta duración y por el peso propio para caso de carga crítico en el ELU, (Tabla 16 ecuación (c) utilizando condición desfavorable de acción variable:

$$F_{d,p} = \gamma_G G_{k,p} + \gamma_Q Q_{k,p} + \gamma_G G_{k,pesop} = 6.39\ kN/m$$

5. Factores de modificación

Factor por carga de corta duración y clase de servicio 1 (Tabla 12 (EC5, Tabla 3.1)):

$$k_{mod,corta} = 0.9$$

Factor de tamaño por peralte menor que 600 mm (Tabla 19 (EC5, 3.3)):

$$k_h = \begin{cases} 1.0 & si \quad h \geq 600\ mm \\ \left(\frac{600\ mm}{h}\right)^{0.1} & si \quad 1.1 \leq \left(\frac{600\ mm}{h}\right)^{0.1} = 1.1 \\ 1.1 & si\ no \end{cases}$$

Estabilidad lateral de la viga (6.5.1.2 (EC5, 6.3.3)), $k_{crit} = 1$

Factor de capacidad soporte (ecuación (6.22) (EC5, 6.1.5(1))), $k_{c,90} = 1$

Factor por deformación, clase de servicio 1 (Tabla 18 (EC5, Tabla 3.2)), $k_{def} = 0.6$

Factor por carga de corte –no es relevante, $k_{sis} = 1$

6. Resistencia a flexión

El caso de carga de diseño será debido a una combinación del peso propio y las acciones (cargas) variables y permanentes:

Momento a flexión de diseño:

$$M_d = \frac{F_{d,p} l^2}{8} = 88.06\ kN\ m$$

Esfuerzo a flexión de diseño:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_d}{W_y} = 15.32\ N/mm^2$$

Resistencia a flexión de diseño:

$$f_{m,y,d} = \frac{k_{mod,corta} \cdot k_h \cdot k_{sis} \cdot f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 19.01\ N/mm^2$$

Resistencia a flexión de diseño tomando en cuenta pandeo lateral torsional (ecuación (6.13); EC5, ecuación (6.33)):

$$f_{mr,y,d} = k_{crit} f_{m,y,d} = 19.01\ N/mm^2$$

La resistencia a flexión de la viga MLEes mayor que el esfuerzo a flexión, por lo tanto satisface esta condición de carga.

7. Resistencia a corte

El caso de carga de diseño será debido a una combinación del peso propio y las cargas variables y permanentes:

Cortante de diseño en el extremo:

$$V_d = \frac{F_{d,p} \cdot l}{2} = 33.55\ kN$$

Esfuerzo cortante de diseño (ecuación 3.16)):

$$\tau_{v,d} = \frac{3V_d}{2bh} = 0.82\ N/mm^2$$

Resistencia cortante de diseño (ecuación (8.4)):

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod,corta} \cdot k_{sis} \cdot f_{v,g,k}}{\gamma_M} = 1.94\ N/mm^2$$

La resistencia al cortante es satisfactoria.

8. Resistencia a esfuerzo de soporte (capacidad portante)

El caso de carga de diseño será debido a una combinación del peso propio de la viga y las cargas variables y permanentes:

Valor de diseño de la reacción en el extremo:

$$Reac_d = V_d = 33.55\ kN$$

Esfuerzo soporte de diseño (ecuación (6.22)):

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{Reac_d}{bl_b} = 1.97\ N/mm^2$$

Resistencia a esfuerzo de soporte (capacidad portante) (ecuación (6.23)):

$$f_{c,90,d} = \frac{k_{mod,corto} \cdot k_{sis} \cdot f_{c,90,g,k}}{\gamma_M} = 1.94\ N/mm^2$$

$$k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 1.94\ N/mm^2$$

La resistencia al esfuerzo de soporte o capacidad portante es menor que el esfuerzo de diseño, por lo tanto necesita calcularse un valor mayor de$k_{c,90}$:

Factor (ecuación (6.24); EC5, ecuación (6.4)) asumiendo una distancia desde el extremo de la viga hasta la cara del apoyo *a = 1 m*:

$$k_{c,90} = \left(2.38 - \frac{l_b \cdot mm^{-1}}{250}\right)\left(1 + \frac{h}{12l_b}\right) = 2.29$$

$$k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 4.44\ N/mm^2$$

La resistencia al esfuerzo de soporte utilizando el valor del factor obtenido es aceptable.

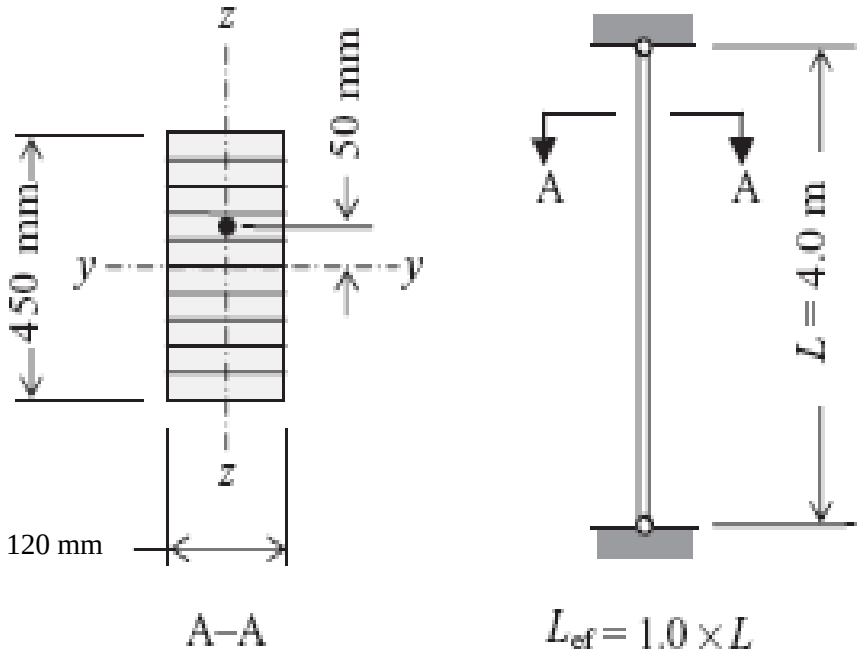
Ejemplo 8.4

La columna laminada encolada mostrada en la figura está hecha de MLE combinado grado GL 24c, tiene una sección transversal de 120 mm por 450 mm, y funciona bajo las condiciones de la clase de servicio 2.

Soporta una fuerza compresiva permanente característica (incluyendo ya una consideración por su preso propio) de 40 kN y una fuerza compresiva de mediano plazo variable característica de 75 kN. La columna es de 4 m de alto y es libre de moverse respecto al eje z-z y con respecto al y-y. La carga axial es excéntrica tal como se muestra en la figura.

Compruebe que la columna cumple con los requerimientos del ELU del EC5.

Figura 66. Columna MLE



Fuente**:** Porteous & Kermani, 2007

1. Propiedades de la columna laminada encolada

Largo de la columna: $L = 4$ m

Largo efectivo de pandeo de la columna con respecto al eje y-y (Tabla 28):

$$L_{e,y} = 1.0L = 4 \text{ m}$$

Largo efectivo de pandeo de la columna con respecto al eje z-z (Tabla 28):

$$L_{e,z} = 1.0L = 4 \text{ m}$$

Largo efectivo del miembro actuando como viga, con un momento constante en toda su longitud (Tabla 21 (EC5, Tabla 6.1)):

$$l_{ef} = L = 4\text{m}$$

Ancho de la columna: $b = 120$ mm

Peralte de la columna: $h = 450$ mm

Área transversal: $A = bh = 5.4 \times 10^4$ mm^2

Momento de inercia con respecto al eje y-y:

$$I_y = \frac{bh^3}{12} = 9.11 \times 10^8 mm^4$$

Módulo de sección con respecto al eje y-y:

$$W_y = \frac{2I_y}{h} = 4.05 \times 10^6\ mm^3$$

Radio de giro con respecto al eje y-y:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 129.9\ mm$$

Relación de esbeltez con respecto al eje y-y:

$$\lambda_y = \frac{L_{e,y}}{i_y} = 30.79$$

Momento de inercia con respecto al eje z-z:

$$I_z = \frac{bh^3}{12} = 6.48 \times 10^7 mm^4$$

Radio de giro con respecto al eje z-z:

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 34.64\ mm$$

Relación de esbeltez con respecto al eje z-z:

$$\lambda_z = \frac{L_{e,z}}{i_z} = 115.47$$

2. Propiedades del MLE

Tabla 36, GL24c

Resistencia a flexión característica con respecto al eje y-y: $f_{m,y,g,k} = 24\ N/mm^2$

Resistencia a compresión característica paralela a la veta: $f_{c,0,g,k} = 21\ N/mm^2$

Módulo de elasticidad del cinco por ciento paralelo a la veta: $E_{0,g,05} = 9.4\ kN/mm^2$

Módulo de corte del cinco por ciento:

$$G_{0,g,05} = \frac{E_{0,g,05}}{16} = 0.59\ kN/mm^2$$

3. Factores de seguridad parciales

Tabla 16 (UKNA para BS EN 1990:2001, Tabla NA.A1.2(B)) para el ELU:

Acciones permanentes, γ_G=1.35

Acciones variables, $\gamma_Q = 1.5$

Tabla 14 (UKNA para EC5, Tabla NA.3)

Factor por material para MLE, $\gamma_M = 1.25$

4. Acciones

Acción compresiva permanente característica, $G_k = 40\ kN$

Acción variable compresiva característica de mediana duración, $Q_k = 75\ kN$

Acción a compresión de diseño para combinación crítica de carga (Tabla 16, ecuación (c), utilizando la condición desfavorable de acción variable):

$$N_d = \gamma_G G_k + \gamma_Q Q_k = 1.67 \times 10^5\ N$$

Momento con respecto al eje y-y:

Excentricidad, $e_z = 50\ mm$

Momento de diseño con respecto al eje y-y:

$$M_{y,d} = N_d e_z = 8.32\ kN\ m$$

5. Factores de modificación

Factor por carga de duración media y clase de servicio 2 (Tabla 12 (EC5, Tabla 3.1)):

$$k_{mod,med} = 0.8$$

Factor de resistencia del sistema –no es relevante, $k_{sis} = 1$

Factor para el peralte de MLE –para pandeo (Tabla 19 (EC5, 3.4)):

$$k_h = \begin{cases} 1.0 & si \quad h \geq 600\ mm \\ \left(\frac{600\ mm}{h}\right)^{0.1} & si \quad 1.1 \leq \left(\frac{600\ mm}{h}\right)^{0.1} = 1.03 \\ 1.1 & si\ no \end{cases}$$

6. Resistencia de la columna

El caso de carga de diseño crítico del ELU será debido a una combinación de cargas permanentes y variables de mediana duración.

Condición de momento

Momento flector de diseño con respecto al eje y-y, $M_{y,d} = 8.32\ kN\ m$

Esfuerzo a flexión de diseño con respecto al eje y-y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = 2.05\ N/mm^2$$

Resistencia a flexión de diseño con respecto al eje y-y:

$$f_{m,y,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_h \cdot k_{sis} \cdot f_{m,y,g,k}}{\gamma_M} = 15.81\ N/mm^2$$

Factor de redistribución para una sección rectangular de madera sólida (6.5.1 (EC5, 6.1.6)):

$$k_m = 0.7$$

Condición de resistencia a pandeo –pandeo lateral torsional al flexionarse el eje fuerte (6.5.1.2 (EC5, 6.3.3))

Factor de estabilidad lateral (6.5.1.2 (EC5, 6.3.3)):

Esfuerzo de flexión crítico (ecuación (6.7c); EC5, ecuación (6.31)):

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi b^2 \left[E_{0,g,05} G_{0,g,05} \left(1 - 0.63 \frac{b}{h}\right)\right]^{0.5}}{h \cdot l_{ef}} = 53.99\ N/mm^2$$

Esbeltez relativa para pandeo (ecuación (6.10); EC5, ecuación (6.30)):

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,y,g,k}}{\sigma_{m,crit}}} = 0.67$$

Factor de estabilidad lateral (Tabla 22 (EC5, ecuación (6.34)), $k_{crit} = 1$

Condición de compresión axial

Esfuerzo a compresión de diseño:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = 3.09\ N/mm^2$$

Resistencia a compresión de diseño:

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod,med} \cdot k_{sis} \cdot f_{c,0,g,k}}{\gamma_M} = 13.44\ N/mm^2$$

Condición de resistencia al pandeo (7.4.1 (EC5, 6.3.2)):

Esbeltez relativa con respecto al eje y-y (ecuación (7.3); EC5, ecuación (6.21)):

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{Ea_{0,05,g}}} = 0.46$$

Esbeltez relativa con respecto al eje y-y (ecuación (7.3); EC5, ecuación (6.22)):

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{Ea_{0,05,g}}} = 1.73$$

Factor para MLE (ecuación (7.6); EC5, ecuación (6.29)), $\beta_c = 0.1$

Factor (ecuación (7.5a); EC5, ecuación (6.27)):

$$k_y = 0.5 \cdot \left[1 + \beta_c \cdot \left(\lambda_{rel,y} - 0.3\right) + {\lambda_{rel,y}}^2\right] = 0.62$$

Factor por inestabilidad con respecto al eje y-y (ecuación (7.4a); EC5, ecuación (6.25)):

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{{k_y}^2 - {\lambda_{rel,y}}^2}} = 0.98$$

Factor (ecuación (7.5b); EC5, ecuación (6.28)):

$$k_z = 0.5 \cdot \left[1 + \beta_c \cdot \left(\lambda_{rel,z} - 0.3\right) + {\lambda_{rel,z}}^2\right] = 2.07$$

Factor por inestabilidad con respecto al eje z-z (ecuación (7.4b); EC5, ecuación (6.26)):

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{{k_z}^2 - {\lambda_{rel,z}}^2}} = 0.31$$

Condiciones de esfuerzos combinados

Condición de esfuerzo de compresión con respecto al eje y-y (ecuación (7.35) (EC5, 6.3.2(3))):

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = 0.36$$

Condición de esfuerzo de compresión con respecto al eje z-z (ecuación (7.36) (EC5, 6.3.2(3))):

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = 0.83$$

Condición de esfuerzos combinados (ecuación (7.38); EC5, ecuación (6.35)):

$$\left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} = 0.76$$

Debido a que todas las relaciones son menores que la unidad, el miembro laminado encolado cumplirá los requerimientos del EC5.

9. DISEÑO DE SECCIONES COMPUESTAS Y BASADAS EN MADERA

9.1 Introducción

Cuando se diseña una estructura, se alcanza mayor eficiencia usando secciones estructurales que tienen alta rigidez y pueden soportar la mayor carga con un mínimo de peso propio. Los tipos más comunes de secciones que se encuentran dentro de esta categoría son las vigas de alma delgada y las vigas de patín delgado, conocidas como viga I compuesta y viga de caja compuesta, respectivamente. Estas son secciones muy eficientes y las reglas de diseño en EC5 cubren dos métodos usados para el ensamblaje, estos son: (Legrand, 2008)

(a) Secciones compuestas formadas usando uniones encoladas.
(b) Secciones compuestas formadas usando uniones mecánicas.

Los perfiles de algunas secciones compuestas que ampliamente usadas en las estructuras de madera se muestran en la Figura 67. Ejemplos de su uso en las estructuras de madera se muestran en la Figura 68.

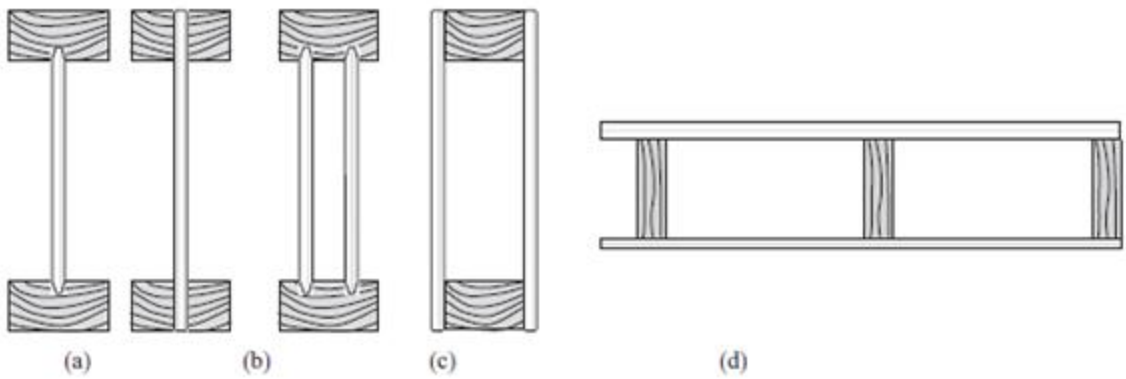
Las secciones compuestas encoladas, como el nombre lo implica, se ensamblan pegando los elementos de la sección juntos para que funcionen como una sola unidad. Las normas de diseño para estas secciones se formulan con el supuesto de que no ocurrirá desplazamiento entre los elementos de la sección en cualquiera de las posiciones de la unión y se abordan en EC5, *Sección 9*. Por otro lado, las secciones compuestas mecánicamente se ensamblan asegurando los elementos juntos usando clavos, tornillos o pasadores etc., y con estas secciones ocurrirá desplazamiento entre elementos. Las reglas de diseño del Anexo B del EC5 toman en cuenta esto.

En la práctica las secciones compuestas se ensamblan normalmente con pegamento, y este capítulo únicamente cubre los requerimientos de diseño de secciones formadas de esta forma. En estas secciones las almas y patines están hechos de diferentes materiales; por ejemplo, las almas de vigas I compuestas usualmente se hacen de materiales de panel compuestos de madera tales como madera contrachapada, tableros OSB (OrientedStrandBoard), tableros de partículas etc., y los patines de madera estructural, LVL o madera colada laminada. Para secciones encoladas compuestas, se requiere un alto nivel de calidad para asegurar que se alcance una unión completa y por esta razón normalmente estas se producen en fábricas.

En estas secciones todos los elementos se diseñan para trabajar muy eficientemente y por esta razón solamente se usan materiales con relativamente pocos defectos cuya importancia es baja.

La información general en 6.3 es relevante para el contenido de este capítulo.

Figura 67. Ejemplos de secciones compuestas de madera o basadas en madera



(a) vigas I, (b) vigas doble I, (c) vigas caja, (d) vigas encoladas con patín delgado.

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

9.2 Consideraciones de diseño

Las secciones compuestas funcionan como los elementos a flexión, que se discutieron en el Capítulo6, y deben cumplir con las reglas generales de diseño y requerimientos de EC5 para dichos elementos. Los estados límite asociados con los efectos de diseño principales son los mismos que los dados en la Tabla 20 y cuando se usan en pisos residenciales su comportamiento de vibración debe cumplir con los requerimientos cubiertos en 6.6.2.(CEN, 2004)

La principal diferencia entre el proceso de diseño usado para secciones compuestas y el proceso usado para secciones sólidas es que la teoría de flexión para deflexiones pequeñas tiene que ser modificada para tomar en cuenta el hecho que las secciones compuestas están hechas de elementos que tienen diferentes valores de módulos de elasticidad. Por lo tanto el proceso de diseño relacionado con las propiedades mecánicas debe ser modificado.(Porteous & Kermany, 2007)

Además de afectar la resistencia, la variación en el módulo de elasticidad afecta el comportamiento de rigidez y esto también se trata. Los comentarios generales en 6.2 también son aplicables a secciones compuestas encoladas.

9.3 Diseño de secciones encoladas compuestas

9.3.1 Vigas encoladas de alma delgada.

Dado que estas secciones están diseñadas para funcionar como unidades sólidas, se considera que la deformación unitaria varía linealmente con la altura. Sin embargo, como el valor del módulo de elasticidad E, de cada material en la sección normalmente será diferente, no se puede aplicar directamente la teoría de flexión. Para analizar estas secciones se puede adoptar el enfoque de sección equivalente (a veces referida como aproximación de razón modular) y se ha incorporado en el procedimiento de diseño usado en este capítulo.(Porteous & Kermany, 2007)

En este método, se selecciona uno de los materiales en la sección compuesta y se reemplazan los otros por las áreas equivalentes del material seleccionado de forma que cuando la sección esté sujeta a flexión, la fuerza en el material reemplazado a cualquier distancia desde el eje neutro será la misma que la soportada por el material original en la misma posición. Por medio de este método, se aplica la teoría de flexión y se forma una sección homogénea equivalente.

El esfuerzo de flexión en el material seleccionado para la sección se puede encontrar directamente del análisis de esfuerzos. Para el material que ha sido reemplazado, el esfuerzo se obtiene multiplicando el esfuerzo de flexión en la sección homogénea equivalente por la razón del módulo de elasticidad del material seleccionado. Esta razón se conoce como *razón modular*. En el cálculo se debe usar el valor medio del módulo de elasticidad de cada material, E_{medio}. Este enfoque también aplica a condiciones de esfuerzo axial. (Legrand, 2008)

Dado que la relación del ancho del patín con la envergadura de la viga tiende a ser relativamente pequeña, se puede ignorar el efecto de retardo de corte en los patines y se usa todo el ancho del patín en el cálculo de resistencia.

Dado que la rigidez lateral de estas secciones es baja, cuando éstas se usan en la construcción de pisos y están sujetas a vibración sobre la frecuencia fundamental del piso, se producirán efectos adversos de vibración. Para reducir este efecto y también para proveer soporte contra la inestabilidad lateral y torsional, comúnmente se usan bloques o riostras entre secciones en intervalos a lo largo de la longitud del miembro, como se muestra en el Capítulo 6.

Figura 68. Uso de secciones de madera compuesta y basadas en madera

(a) viguetas de piso

(b) viga I en techo inclinado

(c) viga I

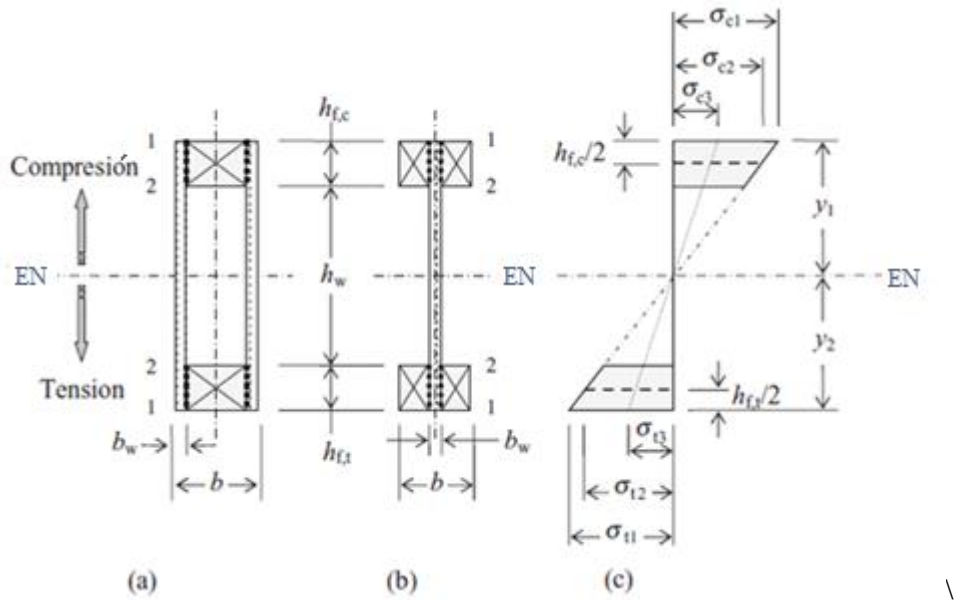
(d) viga caja curveada

(e) viga caja de gran luz y vigueta usando LVL

(f) marcos usando caja de gran luz de LVL

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Figura 69. Secciones de alma delgada y esfuerzos de EC5



(a) Sección de caja, (b) sección I, (c) flexión.

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

9.3.1.1 Análisis de resistencia de vigas encoladas de alma delgada. El análisis de resistencia se lleva a cabo en el estado límite ultimo (ELU), en la Figura 69 se muestra la distribución de esfuerzo elástico en las secciones típicas de alma delgada están sujetas a flexión.

Debido a los diferentes comportamientos de fluencia plástica de los materiales y las secciones compuestas, los esfuerzos de flexión dentro de la sección varían de acuerdo a la duración de la carga y el contenido de humedad, este efecto debe tomarse en cuenta en el análisis. La distribución de esfuerzo se determina en la condición instantánea y para la condición que resulta del comportamiento de fluencia plástica, como se establece en 5.3.4.2 (b), el requerimiento en EC5, *2.2.2(1)P*, es que se lleve a cabo el análisis usando los valores medios finales de la rigidez ajustada al componente de la carga que cause el mayor esfuerzo en relación a la resistencia.

De acuerdo a los requerimientos de EC5, 2.2.2(1)P, el valor de diseño de la propiedad de rigidez en estas condiciones es el siguiente:

(a) En la condición instantánea,

$$E_{d,ELU} = E_{medio}, G_{d,ELU} = G_{medio} \quad (9.1)$$

(b) En la condición asociada al valor medio final de la rigidez,

$$E_{d,ELU} = \frac{E_{medio}}{(1+\psi_2 k_{def})}, G_{d,ELU} = \frac{G_{medio}}{(1+\psi_2 k_{def})} \quad (9.2)$$

Donde las funciones son como siguen:

- $E_{d,ELU}$ es el valor de diseño del modulo de elasticidad en el ELU.
- $G_{d,ELU}$ es el valor de diseño del modulo de corte en el ELU.
- E_{medio} es el valor medio del modulo de elasticidad del elemento.
- G_{medio} es el valor medio del módulo de corte del elemento.
- $E_{d,ELU}$ es el valor de diseño del modulo de elasticidad en el ELU.
- k_{def} es el coeficiente de deformación para la madera estructural y productos basados en madera, para conexiones este será como se define en 5.3.2. Los valores de k_{def} para la madera y algunos productos relacionados a la madera se dan en la Tabla 18.
- ψ_2 es el coeficiente para el valor cuasi permanente de una acción (ver la Tabla 10) que causa el esfuerzo mayor en relación a la resistencia. Si es una acción permanente, se debería usar un valor de 1.

Basado en los perfiles de la sección mostrados en la Figura 69, tomando el material del patín como el material selecto para la sección equivalente y asumiendo:

(i) Que se usa el mismo material en cada patín y tiene un valor medio del módulo de elasticidad $E_{medio,pa}$, con un coeficiente de deformación $k_{def,pa}$, y

(ii) Un valor medio del módulo de elasticidad $E_{medio,al}$, con un coeficiente de deformación $k_{def,al}$ para el alma,

El área de sección transversal equivalente, A_{ef}, y el segundo momento de área, I_{ef}, de la sección transformada será como sigue:

(a) En la condición instantánea

$$A_{ef,inst} = A_{pa} + \left(\frac{E_{medio,al}}{E_{medio,pa}}\right) A_{al} \quad (9.3)$$

$$I_{ef,inst} = I_{pa} + \left(\frac{E_{medio,al}}{E_{medio,pa}}\right) I_{al} \quad (9.4)$$

(b) En la condición asociada con el valor medio final de la rigidez:

(i) Donde la acción permanente produce la condición de diseño:

$$A_{ef,fin} = A_{pa} + \left(\frac{E_{medio,al}}{E_{medio,pa}}\right)\left(\frac{1+k_{def,pa}}{1+k_{def,al}}\right)A_{al} \quad (9.5)$$

$$I_{ef,fin} = I_{pa} + \left(\frac{E_{medio,al}}{E_{medio,pa}}\right)\left(\frac{1+k_{def,pa}}{1+k_{def,w}}\right)I_{al} \quad (9.6)$$

(ii) Donde la condición de acción variable Q_i produce la condición de diseño

$$A_{ef,fin} = A_{pa} + \left(\frac{E_{medio,al}}{E_{medio,pa}}\right)\left(\frac{1+\psi_{2,i}k_{def,pa}}{1+\psi_{2,i}k_{def,al}}\right)A_{al} \quad (9.7)$$

$$I_{ef,fin} = I_{pa} + \left(\frac{E_{medio,al}}{E_{medio,pa}}\right)\left(\frac{1+\psi_{2,i}k_{def,pa}}{1+\psi_{2,i}k_{def,al}}\right)I_{al} \quad (9.8)$$

Los símbolos son como se definieron previamente y A_{pa} es el área total del patín, A_{al} es el área del alma, según Figura 69:

- Inciso (a)$A_{pa} = (b - 2b_{al})(h_{pa,c} - h_{pa,t})$,
- Inciso (b)$A_{pa} = (b - b_{al})(h_{pa,c} - h_{pa,t})$;
- Inciso (a)$A_{al} = 2b_{al}(h_{al} + h_{pa,c} + h_{pa,t})$, y
- Inciso (b)$A_{al} = b_{al}(h_{al} + h_{pa,c} + h_{pa,t})$:

$\psi_{2,i}$es el coeficiente $\psi_2$para el valor cuasi variable de la acción variable Q_i;

I_{pa}es el segundo momento de área de ambos patines sobre el eje neutro;

I_{al}es el segundo momento de área del alma no transformada sobre el eje neutro.

Cuando se encuentra sujeto a momento de flexión, M_d, y el modulo de elasticidad del alma es menor que el del patín, los esfuerzos de flexión en el patín se incrementarán y los del alma disminuirán con el tiempo. Debido a esta condición, solamente será necesario verificar los esfuerzos en los patines en la condición del valor medio final y los del alma en la condición instantánea. Sin embargo, si el módulo de elasticidad del alma es mayor que el del patín, los esfuerzos de flexión deberán verificarse en la condición instantánea en los patines y en la condición de valor medio final en el alma. Cuando se trata de secciones simétricas, no hay diferencia significativa entre los valores respectivos de las propiedades geométricas en ambas condiciones, y consecuentemente las diferencias en los esfuerzos también serán relativamente pequeñas. (Porteous & Kermany, 2007)

En las siguientes secciones, se dan las ecuaciones de esfuerzos para los patines y el alma en ambas condiciones (instantánea y de valor medio final) para las secciones sujetas a momento y condiciones de corte, junto a la condición de diseño que debe satisfacerse en EC5.

9.3.1.1.1 Esfuerzos en los patines

(a) Esfuerzos de flexión.

El esfuerzo máximo debido a la flexión aparecerá en las fibras extremas a una distancia y_1 y y_2 desde el eje neutro, como se muestra en la Figura 69 inciso (c). Cuando la sección es simétrica sobre su eje y-y, $y_1 = y_2$ y cuando no los es, y_1 y y_2 tendrán valores diferentes. Por otro lado, cuando la sección no es simétrica sobre el eje y-y, la posición del eje neutro será diferente en la condición instantánea y de valor medio final y los valores respectivos de y_1 y y_2 en estos estados también diferirán, estos se refieren en el texto como $y_{1,inst}$ y $y_{2,inst}$ para el estado instantáneo y $y_{1,fin}$ y $y_{2,fin}$ para la condición de valor medio final.(CEN, 2004)

El esfuerzo máximo de compresión de diseño debido a la flexión estará en y_1 será como sigue:

- En la condición instantánea:

$$\sigma_{f,inst,c,max,d} = \sigma_{c,1} = \left(\frac{M_d}{I_{ef,inst}} y_{1,inst}\right) \tag{9.9a}$$

- En la condición de valor medio final.

$$\sigma_{f,fin,c,max,d} = \sigma_{c,1} = \left(\frac{M_d}{I_{ef,fin}} y_{1,fin}\right) \tag{9.9b}$$

El esfuerzo máximo de tensión de diseño estará en y_2y será como sigue:

- En la condición instantánea:

$$\sigma_{f,inst,t,max,d} = \sigma_{t,1} = \left(\frac{M_d}{I_{ef,inst}} y_{2,inst}\right) \tag{9.10a}$$

- En la condición de valor medio final.

$$\sigma_{f,fin,t,max,d} = (\sigma_{t,1}) = \left(\frac{M_d}{I_{ef,fin}} y_{2,fin}\right) \tag{9.10b}$$

El requerimiento de diseño en la *Sección 9* del EC5 es que el esfuerzo de diseño en las ecuaciones (9.9) y (9.10) sean menores o iguales a la resistencia de flexión de diseño, $f_{m,d}$, es decir:

$$\sigma_{f,inst,c,max,d}, \sigma_{f,fin,c,max,d} \text{ y } \sigma_{f,inst,t,max,d} \text{y } \sigma_{f,fin,t,max,d} \leq f_{m,d} \tag{9.11}$$

Donde las funciones son como se describieron arriba y $f_{m,d} = \frac{k_{mod} * k_{sys} * k_h * f_{m,k}}{\gamma_M}$, donde

- k_{mod} es el coeficiente de modificación para la duración de la carga y clases de servicio como se dan en la Tabla 12,
- k_{sis} es el coeficiente de resistencia del sistema discutido en el Capítulo 5,
- k_h es el coeficiente de modificación para el efecto del tamaño del miembro, referido en la Tabla 13 y discutido en 5.3.6. El efecto se aplica a la madera sólida (así como a miembros laminados encolados y madera contrachapada, LVL cuando se flexiona en el plano principal).

$f_{m,k}$es la resistencia a flexión característica del material del patín. La información de la resistencia para madera y LVL se dan en el Capítulo 4 y para madera laminada encolada en el Capítulo 8.

- γ_M es el coeficiente parcial para las propiedades del material, dadas en la Tabla 14, se debe notar que el valor dependerá en el material que se use.

b) esfuerzos de compresión

Aunque es posible hacer un análisis completo del comportamiento de inestabilidad torsional lateral de las secciones encoladas de alma delgada, en el EC5 se asume conservadoramente que la estabilidad lateral de la sección la provee únicamente la resistencia a pandeo del patín a compresión. El requerimiento de diseño es que el esfuerzo de compresión en el patín sea menor o igual que la resistencia de compresión. El esfuerzo de compresión se toma como el valor promedio del esfuerzo de compresión en el patín debido a flexión y para este requerimiento:

- En la condición instantánea será:

$$\sigma_{pa,inst,c,d} = \sigma_{c,2} = \left(\frac{M_d}{I_{ef,inst}} \left(y_{1,inst} - \frac{y_{pa,c}}{2} \right) \right) \tag{9.12a}$$

- En la condición del valor medio final será

$$\sigma_{pa,fin,c,d} = \sigma_{c,2} = \left(\frac{M_d}{I_{ef,inst}}\left(y_{1,fin} - \frac{y_{pa,c}}{2}\right)\right) \quad (9.12b)$$

El requerimiento de diseño de EC5 es que el esfuerzo de diseño sea menor o igual que el esfuerzo de compresión de diseño modificado, es decir $k_c f_{c,0,d}$ como sigue:

$$\sigma_{pa,inst,c,d} \text{y} \sigma_{pa,fin,c,d} \leq k_c f_{c,0,d} \quad (9.13)$$

y

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} * k_{sis} * f_{c,0,k}}{\gamma_M} \quad (9.14)$$

Donde

- $f_{c,0,d}$es la resistencia de compresión de diseño del material del patín
- $f_{t,0,k}$es la resistencia de tensión característica del material del patín paralelo a la veta. La información de resistencia para la madera estructural y LVL se da en el Capítulo4 y para la madera laminada encolada en el Capítulo 9.
- k_c es un coeficiente que toma en cuenta la inestabilidad lateral y se deriva asumiendo que el patín en compresión se comporta como una columna entre las posiciones adyacentes de la restricción lateral. La sección se iguala conservadoramente a una sección rectangular sólida de espesor, b, resultando en un radio de giro de la viga compuesta de $b/\sqrt{12}$ sobre el eje *z-z*. En la base, la razón de rigideces de la sección será $\sqrt{12}(l_c/b)$, donde l_c es la longitud de la sección entre las posiciones adyacentes de los soportes laterales. El coeficiente k_c se deriva a continuación utilizando las expresiones en 8.4.1. Donde la restricción lateral completa la da la estructura del piso, es decir $k_c = 1$, es esencial que se usen suficientes fijadores para prevenir cualquier movimiento lateral de las vigas.

Si se hace una investigación especial con respecto a la inestabilidad torsional lateral de la viga en su totalidad, el EC5, *9.1.1(3)*, permite que se asuma k_c como la unidad.

(c) Esfuerzos de tensión

El patín debe revisarse para asegurar que el esfuerzo de tensión medio de diseño en el patín a tensión no sea menor que la resistencia de tensión de diseño, este será:

- En la condición instantánea

$$\sigma_{pa,inst,t,d} = \sigma_{t,2} = \left(\frac{M_d}{I_{ef,inst}}\left(y_{2,inst} - \frac{y_{pa,t}}{2}\right)\right) \quad (9.15a)$$

- En la condición del valor medio final será

$$\sigma_{pa,fin,t,d} = \sigma_{t,2} = \left(\frac{M_d}{I_{ef,inst}}\left(y_{2,fin} - \frac{y_{pa,t}}{2}\right)\right) \quad (9.15b)$$

El requerimiento de diseño de EC5 es que el esfuerzo de diseño sea menor o igual que la Resistencia de tensión de diseño, es decir $f_{t,0,d}$ como sigue:

$$\sigma_{pa,inst,t,d} \text{y} \sigma_{pa,fin,t,d} \leq f_{t,0,d} \quad (9.16)$$

y

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} * k_{sys} * k_h * f_{c,0,k}}{\gamma_M} \quad (9.17)$$

Donde las funciones son como se describieron previamente y el resto de los coeficientes son como sigue:

- $f_{c,0,d}$ es la resistencia de compresión de diseño del material del patín paralelo a la veta.
- $f_{t,0,k}$ es la resistencia de tensión característica del material del patín paralelo a la veta. La información de la resistencia para madera estructural y LVL se da en el Capítulo4 y para la madera laminada encolada en el Capítulo 8.
- k_h es el coeficiente de modificación del efecto del tamaño del miembro bajo tensión. Este se discute en el Capítulo5 y se da en la Tabla 19. Se debe usar la mayor dimensión de la sección transversal del miembro para evaluar el coeficiente. Cuando se trata con LVL, se define como k_l y se asocia con la longitud del miembro.

9.3.1.1.2 Esfuerzos de flexión, corte y pandeo en el alma. Aunque la función principal del alma es soportar los esfuerzos de corte en la sección, también debe poder soportar esfuerzos de corte y compresión debido a la flexión. Con vigas principales, el material del alma usualmente se une para formar una sección continua, sin embargo cuando no es posible se requerirán placas de empalme del alma para transferir los esfuerzos resultantes en las uniones. (Porteous & Kermany, 2007)

Además debe revisarse el alma para confirmar que no se pandeara bajo esfuerzos de corte y que las juntas encoladas entre el alma y el patín puedan transferir los esfuerzos de corte horizontal

en la sección. Si la viga tiene que soportar cargas concentradas verticales podrían necesitarse rigidizantes del alma para prevenir el pandeo axial del alma, pero en el EC5 no se da orientación para esta condición. (CEN, 2004)

(a) Esfuerzos de flexión

Los esfuerzos máximos debidos a la flexión en el alma aparecerán en la fibra extrema en y_1 o y_2 desde el eje neutro como se muestra en la Figura 69 inciso (c).

El esfuerzo de flexión de diseño máximo en el alma del lado de compresión de la sección estará en y_1 y será:

- En la condición instantánea,

$$\sigma_{al,inst,c,d} = \sigma_{c,3} = \left(\frac{M_d}{I_{ef,inst}} y_{1,inst}\right)\left(\frac{E_{medio,al}}{E_{medio,pa}}\right) \tag{9.18a}$$

- En la condición del valor medio final,

$$\sigma_{al,fin,c,d} = \sigma_{c,3} = \left(\frac{M_d}{I_{ef,fin}} y_{1,fin}\right)\left(\frac{E_{medio,al}}{E_{medio,pa}}\right)\left(\frac{1+\psi_2 k_{def,pa}}{1+\psi_2 k_{def,al}}\right) \tag{9.18b}$$

El esfuerzo de flexión de diseño máximo en el alma del lado de la tensión de la sección estará en y_2 y será:

- En la condición instantánea,

$$\sigma_{w,inst,t,d} = \sigma_{t,3} = \left(\frac{M_d}{I_{ef,inst}} y_{2,inst}\right)\left(\frac{E_{medio,w}}{E_{medio,f}}\right) \tag{9.19a}$$

- En la condición de valor medio final,

$$\sigma_{w,fin,t,d} = \sigma_{t,3} = \left(\frac{M_d}{I_{ef,fin}} y_{2,,fin}\right)\left(\frac{E_{medio,w}}{E_{medio,f}}\right)\left(\frac{1+\psi_2 k_{def,f}}{1+\psi_2 k_{def,w}}\right) \tag{9.19b}$$

Como el alma se ha transformado en material del patín en la sección equivalente, para obtener cualquier esfuerzo en ese elemento, el esfuerzo calculado debe multiplicarse por la razón modular apropiada para el estado de deformación como se muestran en las ecuaciones (9.18) y (9.19).

El requerimiento de diseño de la *Sección 9* del EC5 es que la compresión por flexión de diseño de la ecuación (9.18) sea menor o igual que la resistencia a la compresión por flexión de diseño del material del alma, $f_{c,al,d}$, y el esfuerzo de tensión por flexión de diseño de la ecuación

(9.19) debe ser menor o igual que la resistencia de tensión por flexión de diseño del material del alma, $f_{t,al,d}$, es decir:(CEN, 2004)

$$\sigma_{al,inst,c,d} \text{y} \sigma_{al,fin,c,d} \leq f_{c,al,d} \tag{9.20}$$

$$\sigma_{al,inst,t,d} \text{y} \sigma_{al,fin,t,d} \leq f_{t,al,d} \tag{9.21}$$

donde

$$f_{c,al,d} = \frac{k_{mod} * k_{sis} * f_{c,al,k}}{\gamma_M} \tag{9.22}$$

y

$$f_{t,al,d} = \frac{k_{mod} * k_{sis} * f_{t,al,k}}{\gamma_M} \tag{9.23}$$

Aquí las funciones son como se describieron previamente y $f_{c,al,k}$ y $f_{t,al,k}$ son las resistencias de compresión por flexión y tensión por flexión características del material del alma respectivamente. Si no se dan tales valores, EC5, *9.1.1(5)*, permite que se use la resistencia a compresión característica y la resistencia a tensión característica del material ($f_{c,0,k}$ o $f_{c,90,k}$, y $f_{t,0,k}$ o $f_{t,90,k}$ según el caso). Los valores para los productos basados en la madera se dan en el Capítulo 4.

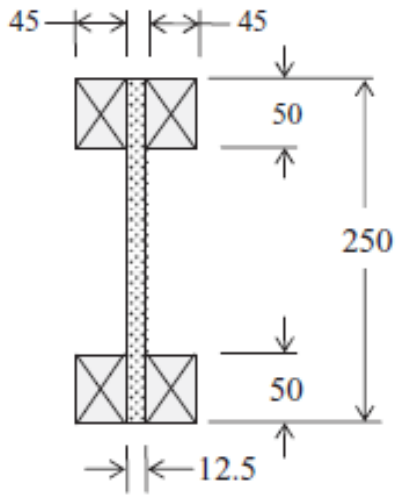
Ejemplo 9.1

El piso de un edificio domestico se compone de vigas encoladas de alma delgada espaciadas a 450 mm entre centros, con una luz efectiva de 4.5 m. Las vigas se aseguran en sus extremos para garantizar la rigidez torsional lateral.

Las vigas soportan una carga permanente (G_k) de 1 kN/m^2 y una carga variable de duración media (Q_k) de 2.0 kN/m^2. La sección transversal se muestra en la Figura 70. La estructura funciona en condiciones de clase de servicio 2. La madera usada para los patines es de clase de servicio C18 de acuerdo con BS EN 338:2003 y el alma tiene un espesor de 12.5 mm de 5 ply de madera contrachapada de madera blanda canadiense. Determine si la viga cumplirá con los requerimientos de flexión del EC5.

Todas las dimensiones de la figura están en mm.

Figura 70. Sección transversal de la viga



Fuente: Porteous & Kermany, 2007

Solución:

1. **Propiedades del material**

Resistencia característica de compresión (Tabla 13)	$f_{\mathrm{pa,c,90,„k}} = 9.7\ \mathrm{N/mm^2}$
Resistencia característica de tensión (Tabla 13)	$f_{\mathrm{pa,t,90,„k}} = 7.4\ \mathrm{N/mm^2}$
Resistencia característica de flexión (Tabla .3)	$f_{\mathrm{m,k}} = 18\mathrm{N/mm^2}$
Módulo de elasticidad promedio paralelo a la veta (Tabla 3)	$E_{0,\mathrm{medio}} = 9.0\mathrm{kN/mm^2}$
Módulo de elasticidad promedio (Tabla.3)	$E_{\mathrm{p,c,90,„medio}} =$ $3.96\ \mathrm{kN/mm^2}$

2. **Coeficientes parciales de seguridad**

Acciones permanentes (Tabla 16)	$\gamma_G = 1.35$
Acciones variables (Tabla 16)	$\gamma_Q = 1.5$
Coeficiente del material para madera estructural solida en los estados límite últimos ELU (Tabla 14)	$\gamma_M = 1.3$
Coeficiente del material para alma madera contrachapada en los estados límite últimos ELU(Tabla 14)	$\gamma_{\rho M} = 1.2$

3. Coeficientes de modificación

Coeficiente para la acción de duración media y clase de servicio 2, $k_{mod,med}$, (Tabla 12) $k_{mod,med} = 0.8$

Coeficiente de corte de carga, k_{sis}, (de 5.3.7) (N.B. se puede usar 1.1 si se requiere) $k_{sis} = 1.0$

Coeficiente de altura para madera solida – flexión y tension axial – tome el tamaño como h_f, k_h (5.3.7) $k_h = 1.25$

4. Propiedades geométricas de la sección transformada

Segundo momento de área instantáneo de la sección transformada (ecuación (9.4)), $I_{ef} = I_{ef,p} + I_{ef,a}$ $I_{ef} = 9.9 * 10^7 \text{mm}^4$

Segundo momento de área de la sección transformada en la condición final,

$I_{c,ef} = I_{ef,pa} + I_{c,ef,al}$ $I_{c,ef} = 9.87 * 10^7 \text{mm}^4$

5. Revisión de esfuerzo de flexión en los patines y el alma

Dado que el módulo de elasticidad medio del material del patín es mayor que el del alma, solamente es necesario revisar los esfuerzos en los patines en la condición de deformación final y los del alma en la condición instantánea.

El caso de la carga crítica de diseño en los ELU será causada por la combinación de acciones permanentes y de acciones variables desfavorables de duración de término medio:

Esfuerzo en el patín debido a flexión – condición final:

Esfuerzo de flexión en el patín superior e inferior,

$$\sigma_{pa,c,max,d,c} = \frac{M_d}{I_{c,ef}} * \frac{H}{2} = \frac{4.95 \text{ kN m}}{9.87*10^7 \text{mm}^4} * \frac{250\text{mm}^2}{2} \qquad \sigma_{pa,c,max,d,c} = 6.27 \text{ N/mm}^2$$

Resistencia de flexión del patín, $f_{m,d}$ (ecuación (9.11))

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod,med} * k_h * k_{sis} * f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0.8*1.25*1.0*18\text{N/mm}^2}{1.3} \qquad f_{m,d} = 13.8\mathbf{N}/\text{mm}^2$$

Por lo tanto si resiste la flexión en los patines

Esfuerzo en el alma debido a la flexión en la condición instantánea:

Esfuerzo de flexión en el alma

$$\sigma_{al,c,d} = \left(\frac{M_d}{I_{ef}} * \frac{H}{2}\right)\left(\frac{E_{p,c,90,medio}}{E_{0,medio}}\right) = \left(\frac{4.95\ \text{kN m}}{9.87*10^7\text{mm}^4} * \frac{250\text{mm}}{2}\right)\left(\frac{3.96\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}}{\frac{9.0\text{kN}}{\text{mm}^2}}\right) = 2.76\ \text{N/mm}^2$$

Resistencia de flexión del alma bajo compresión (ecuación (9.22))

$$f_{c,al,d} = \frac{k_{mod,med}*k_{sis}*f_{p,c,90,k}}{\gamma_{pM}} = \frac{0.8*1.0*9.7\text{N/mm}^2}{1.2} f_{c,al,d} = 6.47\ \text{N/mm}^2$$

Resistencia de flexión en el alma bajo tensión (ecuación (9.23))

$$f_{t,al,d} = \frac{k_{mod,med}*k_{sis}*f_{p,t,0,k}}{\gamma_{pM}} = \frac{0.8*1.0*7.4\text{N/mm}^2}{1.2} \qquad f_{t,al,d} = 4.93\ \text{N/mm}^2$$

Por lo tanto si resiste la flexión en el alma

Esfuerzo en el patín debido al esfuerzo axial – condición final:

Esfuerzo axial en el patín superior e inferior, $\sigma_{pa,c,d,c}$, (ecuación (9.12b))

$$\sigma_{pa,c,d,c} = \frac{M_d}{I_{c,ef}}\left(\frac{H}{2} - \frac{h_{pa}}{2}\right) = \frac{4.95\ \text{kN m}}{9.87*10^7\text{mm4}}\left(\frac{250\text{mm}}{2} - \frac{50mm}{2}\right) = 5.01\ \text{N/mm}^2$$

Resistencia axial en compresión, $f_{c,0,d}$ (ecuación (9.14))

$$f_{c,0,d} = \frac{0.8*1.0*18\text{N/mm}^2}{1.3} \qquad f_{c,0,d} = 11.08\ \text{N/mm}^2$$

Resistencia axial tomando en cuenta la inestabilidad lateral, ecuación (9.13)

$$k_c * f_{c,0,d} = 1 * 11.08\ \text{N/mm}^2 = 11.08\ \text{N/mm}^2$$

Resistencia axial en tensión, $f_{t,0,d}$, (ecuación (9.17))

$$f_{t,0,d} = \frac{k_{mod,med}*k_{sis}*k_h*f_{t,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0.8*1.0*1.25*18\text{N/mm}^2}{1.3}$$

$$f_{t,0,d} = 8.43\ \text{N/mm}^2$$

Por lo tanto si resiste el esfuerzo axial en los patines

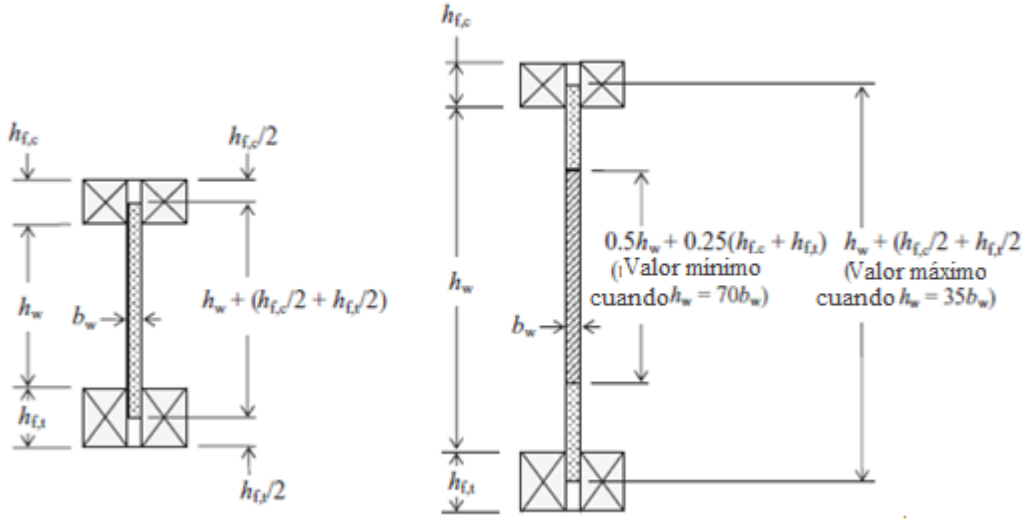
(b) Pandeo del alma (debido a corte) y revisión de esfuerzos de corte.

Se puede hacer una análisis completo de pandeo debido a corte para verificar la resistencia a pandeo del alma (s); sin embargo, se puede usar el criterio para la resistencia a pandeo dado en *9.1.1(7)* del EC5 como una alternativa. El enfoque de EC5 es conservador y simple de aplicar y el criterio que se debe satisfacer es:(CEN, 2004)

$$h_{al} \leq 70 b_{al} \tag{9.24}$$

EC5, ecuación (9.8*)*

Figura 71. Criterio del EC5 para calcular la resistencia del alma



(a) Altura del alma para esfuerzo de corte cuando $h_{al} \leq 35b_{al}$ (asumiendo un perfil de esfuerzo de corte uniforme)

(b) el peralte del alma varía para los cálculos de esfuerzo de corte cuando $35b_{al} \leq h_{al} \leq 70_{ba}l$ (asumiendo un perfil de esfuerzo de corte uniforme)

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Aunque el esfuerzo de corte en el alma variará, cuando $h_{al} \leq 35b_{al}$, asumiendo una distribución uniforme de esfuerzos de corte, la altura del alma tomada como efectiva en el corte resistente es $(h_{al} + 0.5(h_{pa,t} + h_{pa,c}))$ como se muestra en la Figura 71 inciso (a). Sin embargo, dentro del rango de $35b_{al} \leq h_{al} \leq 70b_{al}$ la resistencia a corte se reduce debido los efectos de la inestabilidad por pandeo, para una sección I (o caja) en este rango, nuevamente asumiendo una

distribución uniforme de esfuerzos por corte, la altura del alma dependerá del valor h_{al}como se muestra en la Figura 71 inciso (b).(CEN, 2004)

Los requerimientos de diseño de EC5 son:

$$F_{v,al,Ed} \leq \begin{pmatrix} b_{al}h_{al}\left(1+\frac{0.5\left(h_{pa,t}+h_{pa,c}\right)}{h_{al}}\right)f_{v,0,d}\ para\ h_{al} \leq 35b_{al} \\ 35b_{al}^{2}\left(1+\frac{0.5\left(h_{pa,t}+h_{pa,c}\right)}{h_{al}}\right)f_{v,0,d}\ para\ 35b_{al} \leq h_{al} \leq 70b_{al} \end{pmatrix} \quad (9.25)$$

(EC5, ecuación (9.9))

$$f_{v,0,d} = \frac{k_{mod}*k_{sys}*f_{v,k}}{\gamma_M} \quad (9.26)$$

Donde los símbolos son como se describieron previamente y/o se muestran en la Figura 69 y

- $F_{v,al,Ed}$ es la fuerza cortante de diseño que actúa en cada alma
- $f_{v,0,d}$es la resistencia cortante de diseño del panel del alma
- $f_{v,k}$ es la resistencia cortante de diseño característica del panel del alma, y los valores para los diferentes materiales se dan en el Capítulo 4.

Ejemplo 9.2: Resistencia de corte del alma

Con la información dada en el Ejemplo 9.1, determine si la viga cumplirá con los requerimientos de flexión del EC5.

Solución:

- Resistencia característica de corte del panel (Tabla 3) $f_{\mathrm{p,v,,k}} = 3.5\mathrm{N/mm^2}$
- Resistencia característica de torsión por corte (Tabla 3) $f_{\mathrm{p,r,k}} = 0.64\mathrm{N/mm^2}$

Condición de pandeo para el alma en el EC5:

Dado que la relación $\frac{h_w}{b_w} = 12 < 70$ el pandeo se satisface la condición de pandeo (ecuación (9.24)).

Resistencia de corte del alma:

Resistencia de corte del panel del alma, $f_{v,0,d}$

$$f_{v,0,d} = \frac{k_{mod,med} * k_{sys} * f_{p,v,k}}{\gamma_{pM}} = \frac{0.8 * 1.0 * 3.5 \text{N/mm}^2}{1.2} \qquad f_{v,0,d} = 2.33 \text{ N/mm}^2$$

Fuerza de corte de diseño que puede soportar el alma (ecuación (9.25))

$$F_{v,al,Ed} \leq \begin{pmatrix} b_{al} h_{al} \left(1 + \frac{0.5\left(h_{pa,t} + h_{pa,c}\right)}{h_{al}}\right) f_{v,0,d} \; para \; h_{al} \leq 35 b_{al} \\ 35 b_{al}^2 \left(1 + \frac{0.5\left(h_{pa,t} + h_{pa,c}\right)}{h_{al}}\right) f_{v,0,d} \; para \; 35 b_{al} \leq h_{al} \leq 70 b_{al} \end{pmatrix}$$

$$(h_{al} = 150\text{mm}) \leq (35 b_{al} = 437.5\text{mm})$$

$$F_{v,al,Ed} = 12.5\text{mm} * 150\text{mm}\left(1 + \frac{0.5(50 \text{ mm} + 50 \text{ mm})}{150\text{mm}}\right) * 2.33\text{N/mm}^2 = 5.83 * 10^3 \text{ N}$$

Fuerza de corte de diseño en el alma, V_d, $\qquad V_d = 4.41 * 10^3$ N

Dado que la resistencia de corte de diseño del alma es mayor que la fuerza de corte de diseño en el alma, la sección sí satisface los requerimientos.

(c) Esfuerzos horizontales de corte y uniones encoladas entre el alma y los patines.

Los esfuerzos horizontales de corte generados en el área del patín se transfieren entre el alma y los patines a través de la conexión encolada. El pegamento en la conexión soportará estos esfuerzos y la condición de diseño limitante será el esfuerzo de corte por torsión del alma. Este tipo de esfuerzo de corte es referido en 6.5.2.2. (Porteous & Kermany, 2007)

El esfuerzo de corte de diseño es:

En la condición instantánea:

$$\tau_{inst,media,d} = \frac{V_d S_{f,inst}}{I_{ef,inst}(n h_f)} \tag{9.27a}$$

En la condición de valor medio final:

$$\tau_{inst,media,d} = \frac{V_d S_{f,fin}}{I_{ef,fin}(n h_f)} \tag{9.27b}$$

donde:

- $\tau_{inst,media,d}$ es el esfuerzo de corte horizontal de diseño en la condición de deformación instantánea (y final) en la interface entre el patín y el alma;
- V_d es la fuerza de corte de diseño en la posición del corte máximo;

- $S_{pa,inst}$, $S_{pa,fin}$ es el primer momento de área del patín (excluyendo el área del alma) sobre el eje neutro en la condición de deformación instantánea (y final);
- $h_f$es la altura del patín, es decir $h_{pa,c}$ o $h_{pa,t}$ según sea apropiado;
- n es el número de líneas de interface de pegamento entre el patín y el alma,

El EC5 toma en cuenta el efecto de la concentración de esfuerzos en la interface del alma/patín la vecindad de la posición 2 (ver la Figura 69 incisos (a) y (b)) cuando la altura del patín es mayor a $4b_{ef}$ y son requerimientos de diseño son:

$$\tau_{inst,media,d}\ y\ \tau_{fin,media,d} = \begin{bmatrix} f_{v,90,d} & para\ h_f \leq 4b_{ef} \\ f_{v,90,d}\left(\frac{4b_{ef}}{h_{ef}}\right)^{0.8} & para\ h_f > 4b_{ef} \end{bmatrix} \tag{9.28}$$

(*EC5, ecuación (9.10)*)

Con

$$f_{v,90,d} = \frac{k_{mod} * k_{sys} * f_{r,k}}{\gamma_M} \tag{9.29}$$

Donde los símbolos son como se describieron previamente y/o se muestran en la Figura 69; $f_{v,90,d}$es la resistencia de corte por torsión de diseño del alma, $f_{r,k}$es la resistencia de corte por torsión característica del alma, y

$$b_{ef} = \begin{bmatrix} b_{al} & para\ vigas\ caja \\ b_{al}/2 & para\ vigas\ I \end{bmatrix}$$

Ejemplo 9.3:

Determine la resistencia de diseño de la unión encolada entre el alma y los patines de la viga del Ejemplo 9.1.

Solución:

En la condición instantánea:

Fuerza de diseño, V_d $V_d = 4.41$ kN

Primer momento de área del patín sobre su eje neutro

$S_{pa} = 2 * b_{pa} * h_{pa} * \left(\frac{H}{2} + \frac{h_f}{2}\right)$ $S_{pa} = 4.5 * 10^{-4}\text{m}^3$

Longitud total de la línea de pegamento en el patín

$2 * h_{pa} = 0.1\ m$

Esfuerzo de corte en la línea de pegamento (ecuación (9.27a))

$\tau_{medio,d} = \frac{V_d * S_{pa}}{I_{ef} * 2 * h_{pa}}$ $\tau_{medio,d} = 0.2$

En la condición final:

Esfuerzo de corte en la línea de pegamento (ecuación (9.27b)),

$f_{v,1,90,d} = \frac{k_{mod,med} * k_{sys} * f_{p,r,k}}{\gamma_{pM}}$ $f_{v,1,90,d} = 0.43$ N/mm^2

Esfuerzo de corte por torsión del material del alma (ecuación (9.29))

$f_{v,1,90,d} = \frac{k_{mod,med} * k_{sis} * f_{p,rr,k}}{\gamma_{pM}}$ $f_{v,1,90,d} = 0.43$N/mm^2

De la ecuación (9.28)

$$f_{v,90,d} = \begin{bmatrix} f_{v,1,90,d} & para\ h_{pa} \leq 4b_{ef} \\ f_{v,1,90,d}\left(\frac{4b_{ef}}{h_{pa}}\right)^{0.8} & para\ h_{pa} > 4b_{ef} \end{bmatrix} \qquad f_{v,90,d} = 0.25\text{N/mm}^2$$

Debido a que el esfuerzo de corte por torsión es mayor que el valor medio de esfuerzo de corte en el alma; la sección cumple con los requerimientos.

9.3.1.2 Deformación en los estados límite de servicio (ELS). Debido a las diferentes propiedades dependientes del tiempo de los componentes en la sección, se deben tomar en cuenta los requerimientos de 5.3.4.1.

El análisis de deformación en la condición instantánea se emprende usando el valor de diseño de la combinación de acciones para el ELS, es decir la ecuación (5.24) o (5.25), dependiendo de que si aplicara la combinación de acciones característica o la frecuente. Como el comportamiento de fluencia plástica del miembro no es relevante en esta condición, de acuerdo con los requerimientos de EC5. 2.2.3(2), debe usarse el valor medio del módulo de elasticidad apropiado, E_{medio}, y del modulo del corte, G_{medio}, para derivar las propiedades de rigidez. (CEN, 2004)

Para el análisis de deformación final la carga será la misma que se use para la deformación instantánea y el efecto de fluencia plástica en el comportamiento de desplazamiento se alcanzará usando las propiedades de rigidez reducida dadas en las ecuaciones (5.34) y (5.35), es decir

$$E_{medio,fin} = \frac{E_{medio}}{(1+k_{def})} \tag{5.34}$$

(EC5, *ecuación (2.7)*)

$$G_{medio,fin} = \frac{G_{medio}}{(1+k_{def})} \tag{5.35}$$

(EC5, *ecuación (2.8)*)

Donde las funciones son como sigue:

- $E_{medio,fin}$es el valor medio final del módulo de elasticidad;
- E_{medio} es el valor medio del módulo de elasticidad;
- $G_{medio,fin}$ es el valor medio final del módulo de corte.
- G_{medio} es el valor medio del módulo de corte.
- k_{def} es el coeficiente de deformación para la madera estructural y productos basados en madera y, para conexiones, se será como se define en la sección 5.3.2. Los valores para k_{def} para madera estructural y algunos productos relacionados con la madera se dan en la Tabla 18.

Si la sección compuesta se va a instalar en o cerca del punto de saturación de la fibra, pero funciona en un ambiente donde es probable que se seque bajo carga como lo requiere EC5, 3.2(4), el valor de k_{def} obtenido de la Tabla 18 se debe incrementar por 1.0.

Cuando se deriva la deflexión debido a flexión, el segundo momento de área usado en la ecuación de deflexión será el valor de la sección transformada para la condición en consideración, es decir, el valor en la deformación instantánea o final. Cuando se deriva la deflexión por corte, el área de corte será el área real de sección transversal de las almas y no el área transformada.

Tomando el material de patín como el material seleccionado para usar en el enfoque de sección equivalente, con base en lo anterior, el segundo momento de área a ser usado en un cálculo de deformación que resulta de la flexión será como sigue: (CEN, 2004)

(a) En la condición instantánea:

$$I_{ef,inst} = I_{oa} + \left(\frac{E_{medio,al}}{E_{medio,pa}}\right) I_{al} \tag{9.4}$$

(b) En la condición de deformación final:

$$I_{ef,fin} = I_{al} + \left(\frac{E_{medio,al}}{E_{medio,pa}}\right)\left(\frac{1+k_{def,pa}}{1+k_{def,al}}\right) I_{al} \tag{9.6}$$

Para estas estructuras, la deflexión se calcula de la misma forma que se explica en el Capítulo6 para vigas rectangulares, asegurándose que la deformación por corte se tome en cuenta. Hay varios métodos disponibles para derivar la deformación por corte de vigas delgadas, convencionalmente, la deflexión por corte en la condición instantánea puede ser reescrita como:

$$u = \frac{M_d}{G_{al.medio} A_{al}} \tag{9.30}$$

Donde

- u es la deformación instantánea por corte de la viga a la mitad de su envergadura
- M_d es el momento de diseño a la mitad de su envergadura
- $G_{w,medio}$ es el valor medio del modulo de corte del material del alma
- A_w es el área de sección transversal del alma(s) en la sección (antes de la transformación).

En la Tabla 41 se dan las ecuaciones para la deflexión de vigas compuestas simplemente apoyadas y en voladizo en la condición de deformación instantánea y final debido a los efectos de flexión y corte.

Con base en lo anterior, si en los ELS una viga de caja de alma delgada simplemente soportada de una envergadura *l* está sujeta a la carga de diseño q_d (kNm), el valor medio del modulo de elasticidad en cada patín es E_{pa}, el segundo momento de área transformado es $I_{ef,inst}$ en la condición instantánea y $I_{ef,fin}$ en la condición de deformación final, con dos almas, teniendo un área de sección transversal A_{al} y un modulo de corte medio G_{al}, donde $k_{def,pa}$ y $k_{def,al}$ se definen en la ecuación (9.2), la deflexión a la mitad de la envergadura debido a la carga de diseño de los ELS será como sigue: (CEN, 2004)

En la condición instantánea:

$$u_{inst} = q_d \left(\frac{5l^4}{384 E_{pa} I_{ef,inst}} + \left(\frac{l^2}{8}\right)\left(\frac{1}{G_{al} A_{al}}\right)\right) \tag{9.31}$$

En la condición de deformación final:

$$u_{fin} = q_d \left(\frac{5l^4(1+k_{def,pa})}{384 E_{pa} I_{ef,inst}} + \left(\frac{l^2}{8}\right)\left(\frac{(1+k_{def,al})}{G_{al} A_{al}}\right) \right) \tag{9.32}$$

Donde

- $k_{def,pa}$ es el coeficiente de deformación para el material del patín en la clase de servicio relevante
- $k_{def,al}$ es el coeficiente de deformación para el material del alma en la clase de servicio relevante.

Ejemplo 9.4:

Con la información dada en el Ejemplo 9.1, determine si la viga cumplirá con los requerimientos de deformación del EC5. Utilice la siguiente información:

- Carga de diseño debido a la acción permanente en los ELS, $F_{SLS,G} = G_k * B_s$ $F_{SLS,G} = 0.45$
- Carga de diseño debido a la acción variable en los ELS (Tabla 16), $F_{SLS,Q} = Q_k * B_s$ $F_{SLS,Q} = 0.9$
- Módulo de rigidez promedio $G_{\text{al,medio}} = 18\ \text{kN/mm}^2$
- Coeficiente de deformación para madera estructural y clase de servicio 2, (Tabla 18) $k_{def,pa} = 0.8$
- Coeficiente de deformación para madera contrachapada y clase de servicio 2, (Tabla 18) $k_{def,al} = 1.0$

Solución:

Usando la combinación de carga característica en los ELS, con un coeficiente parcial de seguridad igual a 1 se obtiene,

En la condición instantánea:

La deflexión instantánea a la mitad de la luz en los ELS, $u_{inst,G}$, se basará en la formula de la deflexión de la Tabla 41.

$$u_{inst,G} = \frac{5}{384} * \frac{\left(F_{ELS,G} + F_{ELS,Q}\right) * L_e^4}{E_{0.medio} * I_{ef}} + \left(\frac{F_{ELS.G} + F_{ELS.Q}}{8}\right) * L_e^2 * \frac{1}{G_{al,medio} * A_{al}}$$

$$= \frac{5}{384} * \frac{(0.45\ \text{kN/m} + 0.9\ \text{kN/m}) * (4.5\ \text{m})^4}{9.0\text{kN/mm}^2 * 9.9 * 10^7 \text{mm}^4} + \left(\frac{0.45\ \text{kN/m} + 0.9\ \text{kN/m} * (4.5\ \text{m})^2}{8}\right) * \frac{1}{18\ \text{kN/mm}^2 * 3.13\ 10^{-3}\text{m}^2}$$

$$u_{inst,G} = 8.15\text{mm}$$

Deflexión instantánea permisible a la mitad de la luz en los SLS

$$u_{inst,SLS,perm} = \frac{L_e}{300} = \frac{4500\ \text{mm}}{300} \qquad u_{inst,SLS,perm} = 15\text{mm}$$

En la condición de deformación final:

La propiedad de rigidez debe basarse en los requerimientos de EC5, 2.3.2.2(1):

$$b1_{c,al,tfd} = \left(b_{al} * \frac{E_{p,c,90,medio}}{E_{0,medio}}\right) * \frac{1+k_{def,pa}}{1+k_{def,al}} = \left(12.5\ \text{mm} * \frac{3.96\ \text{kN/mm}^2}{9.0\text{kN/mm}^2}\right) * \frac{1+0.8}{1+1.0}$$

$$b1_{c,al,tfd} = 4.95\ \text{mm}$$

Segundo momento de área del alma, $I1_{c,ef,al} = \frac{b1_{c,al,tfd} * H^3}{12} =$

Segundo momento de área de la sección transformada
para la condición de deformación final

$$I1_{c,ef} = I1_{ef,pa} + I1_{ef,al} \qquad I1_{c,ef} = 9{,}83 * 10^7\ \text{mm}^4$$

$$u_{fin} = \frac{5}{384} * \frac{\left(F_{ELS,G} + F_{ELS,Q}\right) * L_e^4}{E_{0.medio} * 1I_{c,ef}} * \left(1 + k_{def,pa}\right) * \left(\frac{F_{ELS,G} + F_{ELS,Q}}{8}\right) * L_e^2 * \frac{1 + k_{def,al}}{G_{al,medio} + A_{al}}$$

$$\frac{5}{384} * \frac{(0.45\ \text{kN/m} + 0.9\ \text{kN/m}) ** (4.5\ \text{m})^4}{9.0\text{kN/mm}^2 * 9{,}83 * 107\text{mm}^4} * (1 + 0.8) * \left(\frac{0.45\ \text{kN/m} + 0.9\ \text{kN/m}}{8}\right) ** (4.5\ \text{m})^2 * \frac{1+1}{18\ \text{kN/mm}^2 + A_{al}} = 14.79\ \text{mm}$$

Deflexión final neta en la mitad de la luz en los ELS, $u_{fin,SLS,per}$, (Tabla 42)

$$u_{fin,SLS,per} = \frac{L_e}{250} = \frac{4500\ \text{mm}}{250} \qquad u_{fin,SLS,per} = 18\ \text{mm}$$

La deflexión permisible es mayor que la real, por lo tanto sí es aceptable.

9.3.2 Vigas encoladas de patín delgado. Cuando una viga encolada de patín delgado está sujeta a flexión fuera del plano, funcionará como una viga de patín delgado. Las vigas encoladas de patín delgado son elementos estructurales en los cuales el alma normalmente está formada usando secciones de madera alineada con la dirección de la luz y los paneles de las caras están formados con materiales basados en la madera como madera contrachapada, OSB o tablero de partículas.

Tabla 41. **Deformación por corte y flexión de vigas**

Caso de carga	Deflexión por flexión	Deflexión por corte
Carga uniformemente distribuida (cud) de q_d (kN/m) a lo largo de la luz	En la mitad de la luz	En la mitad de la luz
Condición instantánea	$\frac{5q_d l^4}{384E_{medio,pa}I_{ef,isnt}}$	$\frac{q_d l^2}{8A_{al}G_{al,medio}}$
Condición final	$\frac{5q_d l^4(1+k_{def})}{384E_{medio,pa}I_{ef,inst}}$	$\frac{q_d l^2(1+k_{def})}{8A_{al}G_{al,medio}}$
Carga puntual V_d a la mitad de la luz	En la mitad de la luz	En la mitad de la luz
Condición instantánea	$\frac{V_d l^3}{48E_{medio,pa}I_{ef,inst}}$	$\frac{V_d l}{4A_{al}G_{al,medio}}$
Condición final	$\frac{V_d l^3(1+k_{def})}{48E_{medio,pa}I_{ef,inst}}$	$\frac{V_d l(1+k_{def})}{4A_{al}G_{al,medio}}$
Carga puntual V_d en el extremo de un voladizo	En el extremo del voladizo	En el extremo del voladizo
Condición instantánea	$\frac{V_d l^3}{3E_{medio,pa}I_{ef,inst}}$	$\frac{V_d l}{A_{al}G_{al,medio}}$
Condición final	$\frac{V_d l^3(1+k_{def})}{3E_{medio,pa}I_{ef,inst}}$	$\frac{V_d l(1+k_{def})}{A_{al}G_{al,medio}}$

Vigas compuestas simplemente apoyadas o voladizos en la condición instantánea y final.

Nota: en la expresión A_{al} es el área de la sección transversal del alma en la sección (sin transformar). Cuando se necesite una valoración más adecuada de la deflexión por corte y la sección I o caja tenga patines del mismo espesor y las almas de la sección de caja tengan el mismo espesor, la expresión para la deflexión dada en la Tabla 41 para la deformación para deformación por corte debe usar el área de la sección (es decir el alma y los patines) más que solo el área del alma y debe multiplicarse por el siguiente factor de forma F,

$$F = \left(1 + \frac{3(D_2^2 - D_1^2)D_1}{2D_2^3}\left(\frac{b_{wt}}{b} - 1\right)\right)\frac{4D_1^2}{10r}$$

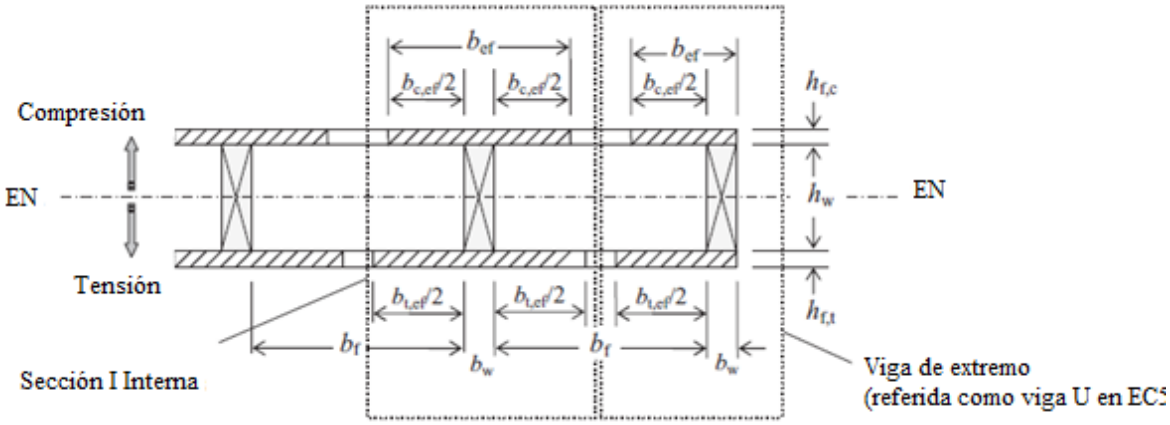
Donde D_1 es la distancia del eje neutro a la superficie más cercana del patín, D_2 es la distancia del eje neutro a la fibra extrema, b es el ancho transformado del alma (o los anchos combinados de alma en vigas caja), b_{wt} es el ancho del patín, y *r* es el radio de giro de la sección con respecto al eje neutro.

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

La conexión entre el patín en las almas puede ser encolada o formada por pernos mecánicos. Si se usan pernos mecánicos (por ejemplo clavos, tornillos, entre otros) habrá deslizamiento entre el alma y el patín, este es un efecto debe tomarse en cuenta en el diseño. La práctica más común es encolar y en el análisis siguiente la teoría únicamente se aplica a uniones rígidas formadas usando conexiones encoladas, como se cubre en EC5, *9.1.2.* (Porteous & Kermany, 2007)

Al igual que las vigas de alma delgada, las vigas de patín delgado encolado también usan diferentes materiales para formar secciones compuestas y el enfoque de la sección equivalente referido en 9.3.1 de nuevo se usa en el análisis. En las siguientes sub-secciones, la sección transformada ha sido usada en el uso del material del patín y asume que ambos patines tienen el mismo módulo de elasticidad. (Porteous & Kermany, 2007)

Figura 72. Viga con patín delgado encolado



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Cuando la viga está sujeta a flexión, los esfuerzos se transfieren entre el alma y el patín por medio de esfuerzos de corte. Debido a la deformación por corte, los esfuerzos en cada patín se reducirán a medida que la distancia desde el alma se incremente, la desviación del perfil de esfuerzo uniforme que se supone que se genera cuando se usa la teoría de flexión simple se denomina efecto de “retraso del corte”. Para tomar esto en cuanta se usa el concepto de “ancho efectivo” del patín. El ancho efectivo es el ancho del patín sobre el cual el esfuerzo se toma como uniforme y en el que el valor del esfuerzo máximo derivado de la teoría de flexión es tal que la fuerza total en el patín igualará a la soportada por el ancho real total del patín. (Yves, 2008)

El concepto de ancho efectivo del patín se aplica a patines en compresión y en tensión, y a menos que se lleve a cabo un cálculo más de tallado, de acuerdo con los requerimientos de EC5, *9.1.2(3)*, el ancho efectivo del patín, b_{ef}, como se muestra en la Figura 72, será como sigue:

- Para secciones internas con forma de I.

$$b_{ef} = b_{c,ef} + b_{al} \tag{9.33}$$

(EC5, ecuación (9.12))

- Para vigas U (es decir las vigas del extreme de la Figura 72).

$$b_{ef} = 0.5b_{c,ef} + b_{al} \text{ O } b_{ef} = b_{t,ef} + b_{al} \tag{9.34}$$

(EC5, ecuación (9.13))

Tomando en cuenta los efectos del retardo del corte, los valores de $b_{c,ef}$ y $b_{t,ef}$ no deben exceder a los dados en la *Tabla 9.1* de EC5, reproducidos en la Tabla 42.

El efecto del retraso del corte en las estructuras ha sido estudiado por muchos investigadores y en la Figura 73 se muestra una comparación del criterio de EC5 con la solución teórica desarrollada por Mohler, Abdel-Sayed y Ehlbeck (Porteous & Kermany, 2007), aplicado a vigas encoladas de patín delgado en las cuales se usa madera contrachapada en el material del patín. Para la mayoría de este tipo de viga, $b_{pa/l}$ estará dentro del rango 0.2-0.3 y como se puede ver en la Figura 73, el enfoque del patín efectivo generalmente dará un resultado conservador.

Tabla 42. Valores máximos para anchos efectivos de patín

Material del patín	Pandeo de la placa	Retraso de corte
OSB (Oriented Strand Board)	$25h_f$	*0.15l*
Madera contrachapada		
Capas exteriores paralelas a las almas	$20h_f$	*0.1l*
Capas exteriores perpendiculares al a las almas	$25h_f$	*0.1l*
Tablero de partículas o fibras	$30h_f$	*0.2l*

Valores máximos para anchos efectivos de patín, debido al efecto de retraso de corte en el pandeo de placa. Con referencia a la Tabla 9.1 del EC5.Nota: h_f es el espesor del patín que se encuentra bajo compresión; l es la luz de la sección compuesta.

Fuente: Porteous & Kermany, 2007

9.3.2.2 Pandeo de la placa. Para el patín a compresión, además de cumplir con el criterio de retardo de corte en la Tabla 42, también debe cumplir con el criterio de ancho efectivo máximo para el pandeo de la placa, también dado en la Tabla 42, con el fin de prevenir que ocurra el pandeo en la placa, $b_{c,ef}$.

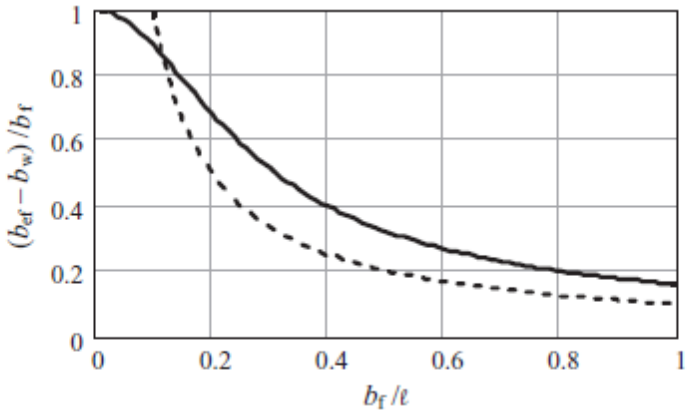
También, a menos que se emprenda un análisis completo de pandeo, el ancho claro del patín, b_f, no debería tomarse mayor que dos veces el ancho efectivo del patín derivado de criterio del pandeo de la placa en la Tabla 42.

9.3.2.3 Propiedades de la sección. Las propiedades de estas secciones se determinan de la misma forma que en 9.3.1 para vigas de alma delgada. Se aplicarán las ecuaciones (9.3)-(9.8), pero en este caso el área de los patines y las almas será como sigue:

- A_{pa}: El área total del patín, $A_{pa} = h_{pa,c}\left(b_{c,ef} + b_{al}\right) + h_{pa,t}\left(b_{t,ef} + b_{al}\right)$;
- b_{al}: El área del alma, $A_{al} = b_{al}h_{al}$.

Aquí los símbolos son como se muestran en la Figura 73 para una viga I interior y para una viga de extremo.

Figura 73. Ancho efectivo del patín



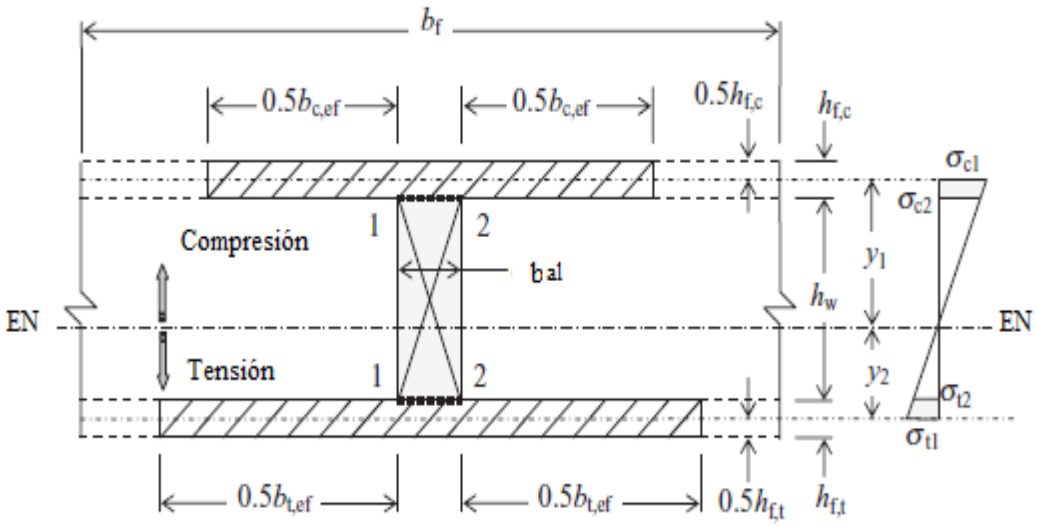
Ancho efectivo del patín, cuando se usan patines de madera contrachapada (comparando la solución teórica con el criterio del EC5 en la Tabla 42 (línea punteada))

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Cuando se encuentran sujetos a las condiciones de diseño, los esfuerzos en la sección se derivan asumiendo que la teoría elástica aplica y por el efecto de fluencia plástica, como con las

vigas de alma delgada, los esfuerzos deben ser derivados en ambas condiciones, instantánea y de valor medio final.

Figura 74. Viga de alma delgada



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

9.3.2.4 Esfuerzos en los patines. En la Figura 74 se muestra una típica viga I interna de patín delgado encolado con patines en la cara superior e inferior y sujeta a un momento.

Como los patines son delgados, el esfuerzo en cada patín debido a la flexión es efectivamente un esfuerzo axial y el valor de diseño se toma como el valor promedio a través de los espesores del patín. Con vigas principales, el material del patín normalmente se une para formar una sección continua usando uniones empalmadas o uniones dentadas. Cuando no sea posible, las placas de empalme del patín necesitaran ser diseñadas para transferir los esfuerzos resultantes a las uniones.(Porteous & Kermany, 2007)

El esfuerzo máximo de compresión y tensión bajo un momento de diseño M_d se aparecerá en y_1 y y_2, respectivamente, desde el eje neutro como se muestra en la Figura 74 inciso (b). Cuando las áreas de los patines de compresión y tensión no son las mismas, y_1 y y_2 tendrán valores diferentes. También, la posición del eje neutro no será la misma en las condiciones instantánea y de valor medio final, por consiguiente el valor respectivo de y_1 y y_2 será diferente para cada condición. Siguiendo el enfoque usado para vigas encoladas de alma delgada, éstas están

referidas en el texto como $y_{1,inst}$ y $y_{2,inst}$ para el estado instantáneo y y_1, fin y $y_{2,fin}$ para la condición de valor final medio.

(a) Esfuerzo en el patín a compresión

El esfuerzo de compresión medio de diseño en el patín a compresión será como sigue:

- En la condición instantánea:

$$\sigma_{pa,inst,c,max,d} = (\sigma_{c,1}) = \left(\frac{M_d}{I_{ef,inst}} y_{1,inst}\right) \tag{9.35}$$

- En la condición de valor medio final.

$$\sigma_{pa,fin,c,max,d} = (\sigma_{c,1}) = \left(\frac{M_d}{I_{ef,fin}} y_{1,fin}\right) \tag{9.36}$$

El requerimiento de diseño en EC5, *9.1.2(7)*, es que el esfuerzo de compresión medio de diseño en el patín debe ser menor o igual que la resistencia de compresión de diseño, es decir:

$$\sigma_{pa,fin,c,max,d} \text{y} \sigma_{pa,inst,c,max,d} \leq f_{c,d} \tag{9.37}$$

Y

$$f_{c,d} = \frac{k_{mod} * k_{sis} * f_{c,d}}{\gamma_M} \tag{9.38}$$

Donde las funciones son como se describieron previamente y

- $f_{c,d}$ es la resistencia de compresión característica ($f_{c,0,k}$ o $f_{c,90,k}$, según el caso) del material del patín. La información de la resistencia de madera estructural o productos estructurales basados en la madera se dan en el Capítulo 4.
- k_{sys} es el coeficiente del sistema y para esta situación será 1.0.

(b) Esfuerzos en el patín a tensión.

El esfuerzo de tensión medio de diseño en el patín a tensión será como sigue:

- En la condición instantánea:

$$\sigma_{pa,inst,t,max,d} = (\sigma_{t,1}) = \left(\frac{M_d}{I_{ef,inst}} y_{2,inst}\right) \tag{9.39}$$

- En la condición de valor medio final.

$$\sigma_{pa,fin,t,max,d} = (\sigma_{t,1}) = \left(\frac{M_d}{I_{ef,fin}} y_{2,fin}\right) \tag{9.40}$$

El requerimiento de diseño del EC5 es que el esfuerzo de diseño sea menor o igual que el esfuerzo de tensión, es decir:

$$\sigma_{pa,fin,t,medio,d} \text{ y } \sigma_{pa,inst,t,medio,d} \leq f_{t,d} \tag{9.41}$$

Y

$$f_{t,d} = \frac{k_{mod} * k_{sys} * f_{t,k}}{\gamma_M} \tag{9.42}$$

Donde las funciones son como se describieron previamente y $f_{t,k}$ es la resistencia de tensión característica ($f_{t,0,k}$ o $f_{t,90,k}$ según el caso) del material del patín. La información de resistencia para madera estructural y productos estructurales basados en la madera se da en el Capítulo 4.

9.3.2.5 Esfuerzos en el alma. Los requerimientos de diseño para el alma son que esta debe poder soportar los esfuerzos de flexión que surjan, que el esfuerzo de corte en el alma debe ser aceptable, y que las juntas encoladas entre el alma y los patines debe poder transferir el esfuerzo de corte horizontal en la interface.(CEN, 2004)

(a) Esfuerzos de flexión

Los esfuerzos máximos debido a la flexión aparecerán en la posición de la fibra extrema a una distancia de $(y_1 - 0.5h_{pa,c})$ o $(y_2 - 0.5h_{pa,t})$ del eje neutro como se muestra en la Figura 74 inciso (b).

El esfuerzo máximo de diseño en el lado a compresión del alma será:

- En la condición instantánea,

$$\sigma_{al,inst,c,d} = (\sigma_{c,2}) = \left(\frac{M_d}{I_{ef,inst}} (y_{1,inst} - 0.5h_{pa,c})\right)\left(\frac{E_{medio,al}}{E_{medio,pa}}\right) \tag{9.43}$$

- En la condición de valor medio final,

$$\sigma_{al,fin,c,d} = (\sigma_{c,2}) = \left(\frac{M_d}{I_{ef,fin}} (y_{1,fin} - 0.5h_{pa,c})\right)\left(\frac{E_{medio,al}}{E_{medio,pa}}\right)\left(\frac{1+\psi_2 k_{def,pa}}{1+\psi_2 k_{def,al}}\right) \tag{9.44}$$

El valor máximo de diseño en del lado a tensión del alma será:

- En la condición instantánea,

$$\sigma_{al,inst,t,d} = (\sigma_{t,2}) = \left(\frac{M_d}{I_{ef,inst}}(y_{2,inst} - 0.5h_{pa,t})\right)\left(\frac{E_{medio,al}}{E_{medio,pa}}\right) \quad (9.45)$$

- En la condición de valor medio final,

$$\sigma_{al,fin,t,d} = (\sigma_{c,2}) = \left(\frac{M_d}{I_{ef,fin}}(y_{2,,fin} - 0.5h_{pa,t})\right)\left(\frac{E_{medio,al}}{E_{medio,pa}}\right)\left(\frac{1+\psi_2 k_{def,pa}}{1+\psi_2 k_{def,al}}\right) \quad (9.46)$$

Como el alma ha sido transformada a una sección equivalente, para obtener el esfuerzo en ese elemento el esfuerzo caliculado debe ser multiplicado por la razón modular para la condición apropiada.

El requerimiento de diseño en EC5, *9.1.2(9)*, es que los esfuerzos de diseño obtenidos de las ecuaciones (9.43) y (9.44) deben ser menores o iguales que la resistencia de compresión por flexión del material del alma,

$$\sigma_{al,c,d} \leq f_{c,al,d} \quad (9.47a)$$

$$\sigma_{al,t,d} \leq f_{t,al,d} \quad (9.47a)$$

$$f_{c,al,d} = \frac{k_{mod} * k_{sis} * k_h * f_{m,k}}{\gamma_M} \quad (9.48)$$

$$f_{t,al,d} = f_{c,al,d} \quad (9.49)$$

Donde las funciones son como se describieron previamente y

- $f_{m,k}$ es la resistencia a flexión característica obtenida de la Tabla 3
- k_{sys}está de acuerdo con los requerimientos de 5.3.7.

Cuando no se use madera estructural para el alma se debe usar las resistencias en el plano de compresión y tensión del material, a menos que las resistencias de tensión o compresión por flexión estén dadas para el material en uso.

(b) Verificación del esfuerzo de corte del alma

Aunque no hay un requerimiento establecido en EC5 que se deba cumplir para la verificación de esfuerzo de corte a través de la sección, el mayor esfuerzo de corte aparecerá en el alma y la

resistencia de corte del miembro debe verificarse. El esfuerzo máximo de corte aparecerá en el eje neutro EN y el valor en esta posición, $\tau_{v,d}$ se determina como sigue:

- En la condición instantánea,

$$\tau_{v,inst,d} = \frac{V_d S_{pa,inst,EN}}{I_{ef,inst} b_{al}} \tag{9.50}$$

- En la condición del valor medio final,

$$\tau_{v,fin,d} = \frac{V_d S_{pa,fin,EN}}{I_{ef,fin} b_{al}} \tag{9.51}$$

Donde las funciones son como se definieron previamente, y V_d es la fuerza de corte de diseño en la posición del corte máximo, $S_{pa,inst,EN}$y $S_{pa,fin,EN}$son los primeros momentos de área de la sección sobre el sobre el eje neutro en las condiciones instantánea y de valor medio final, respectivamente, y b_{al} es el espesor del alma.

El requerimiento de diseño para la resistencia de corte será

$$\tau_{v,inst,d} \text{y} \tau_{v,fin,d} \leq f_{v,d} \tag{9.52}$$

Donde $f_{v,d}$es la resistencia de corte de diseño del material del alma.

(c) Esfuerzos de corte horizontal en uniones encoladas entre el alma y el patín.

Los esfuerzos de corte en el alma se transfieren al patín en las secciones compuestas por medio de una conexión de interface en las posiciones 1-2 mostrada en la Figura 74. El pegamento en la conexión podrá tomar el esfuerzo y la condición limitante de diseño para un patín que comprende paneles basados en la madera será la resistencia de esfuerzo de corte por torsión del patín. Se asume que el esfuerzo de corte a lo largo de la interface es uniforme y se derivará como sigue: (CEN, 2004)

- En la condición instantánea,

$$\tau_{v,inst,d} = \frac{V_d S_{pa,inst}}{I_{ef,inst} b_{al}} \tag{9.53}$$

- En la condición del valor medio final,

$$\tau_{v,fin,d} = \frac{V_d S_{pa,fin}}{I_{ef,fin} b_{al}} \tag{9.54}$$

Donde las funciones son como se describieron previamente y:

$V_d$es la fuerza de corte de diseño en la posición del corte máximo, y $S_{pa,inst}$y $S_{pa,fin}$ son los primeros momentos de área del patín sobre el eje neutro en la condición instantánea y de valor medio final, respectivamente. Para cada condición habrá un valor para el patín a tensión y el patín a compresión, y el valor más grande de estos se debería usar.

Para secciones I internas los requerimientos de diseño de EC5 se dan en EC5, *9.1.2(6)*, los cuales son

$$\tau_{medio,d} = \begin{bmatrix} f_{v,90,d}\ para\ b_{al} \leq 8h_{pa} \\ f_{v,90,d}\left(\frac{8h_f}{b_w}\right)^{0.8}\ para\ b_{al} > 8h_{pa} \end{bmatrix} \quad (9.55)$$

(EC5, ecuación (9.14))

$$f_{v,90,d} = \frac{k_{mod} * k_{sys} * f_{r,k}}{\gamma_M} \quad (9.56)$$

Donde los símbolos son como se describieron previamente y h_f es el espesor del patín asociado con el primer momento del área usado para derivar el esfuerzo de corte horizontal.

Para secciones donde $b_{al} \leq 8h_{pa}$ se puede ignorar el efecto de la concentración de esfuerzo en la unión encolada entre el patín y el alma. Sin embargo, cuando $b_{al} > 8h_{pa}$ los efectos de la concentración de esfuerzos deben tomarse en cuenta y esto se logra con la función $\left(\frac{8h_{pa}}{b_{al}}\right)^{0.8}$.

Para vigas con secciones con forma de U, la mismas expresiones se aplicarán pero con $8h_{al}$ sustituido por $4h_{al}$.

9.3.2.6. Deflexión en el ELS. Para estas estructuras la deflexión se calcula como se describió para vigas encoladas de alma delgada en 9.3.1.2, y la altura del alma para los cálculos de deflexión por corte debe basarse la altura del alma en la viga de patín delgado, h_{al}, (Porteous & Kermany, 2007)

9.4 Ejemplos detallados

Ejemplo 9.5

El piso de un edificio domestico se compone de vigas encoladas de alma delgada espaciadas a 450 mm entre centro con una luz efectiva de 4.5 m. Las vigas se soportan lateralmente a lo largo

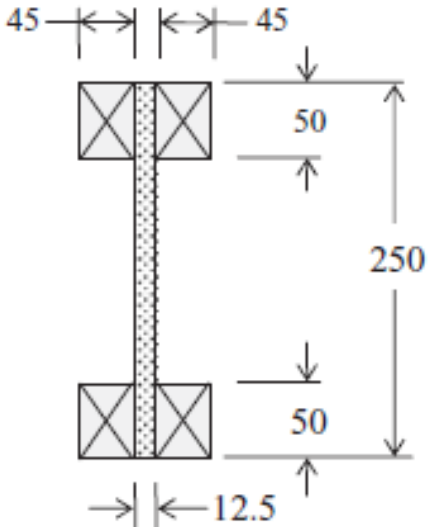
de su longitud, y se coloca un bloque de madera sólida en los extremos para asegurar la rigidez torsional lateral.

Las vigas soportan una carga permanente de 1 kN/m^2 y una carga variable de duración media de 2.0 kN/m^2. La madera usada para los patines es de clase de servicio C18 de acuerdo con BS EN 338:2003 y el alma tiene un espesor de 12.5 mm de madera contrachapada de madera blanda Canadiense. El alma está unida continuamente y no se requiere placas de empalme. La sección transversal se muestra en la Figura 74. La estructura se utilizará en condiciones de clase de servicio 2.

Excluyendo el requerimiento para el comportamiento de la vibración del piso, demuestre que la viga cumplirá con las reglas del EC5.

Todas las dimensiones de la figura están en mm.

Figura 75. Sección transversal de la viga



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

1. Propiedades geométricas.

Longitud efectiva de la viga, Le $L_e = 4.5$ m

Peralte de la viga, H $H = 250$ mm

Espaciamiento entre vigas, $B = 0.45$ m

Patines:

Ancho $b_{pa} = 45$ mm

Alto $h_{pa} = 50$ mm

Alma:

Espesor del alma dela madera contrachapada $b_{al} = 12.5$ mm

Claro entre patines $h_{al} = \mathrm{H} - 2 * h_{pa}$ $h_{al} = 150$ mm

Área del alma $A_w = b_w * H$ $A_w = 3.13\ 10^{-3}\mathrm{m}^2$

Para una viga I, $b_{ef} = {}^{b_w}/_2$ $b_{ef} = 6.25$ mm

2. Propiedades del material

A partir de la Tabla 3 se obtienen las propiedades de resistencia y rigidez

Resistencia característica de flexión (Tabla 3), $f_{\mathrm{m,k}} = 18\mathrm{N/mm}^2$

Resistencia de característica compresión paralela a la veta $f_{\mathrm{c,0,„k}} = 18\mathrm{N/mm}^2$

Resistencia característica de tensión paralela a la veta $f_{\mathrm{t,0,„k}} = 18\mathrm{N/mm}^2$

Módulo de elasticidad promedio paralelo a la veta $E_{0,\mathrm{medio}} = 9.0\mathrm{kN/mm}^2$

(A partir de la Tabla 12, 12.5 mm de madera suave canadiense)

Resistencia característica de compresión $f_{\mathrm{p,c,90,„k}} = 9.7\mathrm{N/mm}^2$

Resistencia característica de tensión $f_{\mathrm{p,t,90,„k}} = 7.4\mathrm{N/mm}^2$

Resistencia característica de corte del panel $f_{\mathrm{p,v,„k}} = 3.5\mathrm{N/mm}^2$

Resistencia característica de torsión por corte $f_{\mathrm{p,r,k}} = 0.64\mathrm{N/mm}^2$

Módulo de elasticidad promedio $E_{\mathrm{p,c,90,„medio}} = 3.96\ \mathrm{kN/mm}^2$

Módulo de rigidez promedio $G_{\mathrm{al,medio}} = 18\ \mathrm{kN/mm}^2$

En el análisis subsiguiente, se usa el material del patín para toda la sección transformada.

Nota: Dado que el valor medio de E de la madera es mayor que el valor medio de E de la madera contrachapada, únicamente necesitamos revisar los esfuerzos de flexión en el patín en la condición final y en el alma en la condición instantánea.

3. Coeficientes parciales de seguridad

A partir de la Tabla 16 para los ELU

Acciones permanentes $\gamma_G = 1.35$

Acciones variables $\gamma_Q = 1.5$

A partir de la Tabla 10

Coeficiente para el valor cuasi-permanente
de acciones variables $\psi_2 = 0.3$

A partir de la Tabla 14

Coeficiente del material para madera estructural
sólida en los estados límite últimos ELU $\gamma_M = 1.3$

Coeficiente del material para alma de madera contrachapada
en los estados límite últimos ELU $\gamma_{\rho M} = 1.2$

4. Acciones

Acción permanente característica en la viga $G_k = 1.0\text{kN/m}^2$

Acción variable de término medio (impuesta)
característica en la viga $Q_k = 2.0\text{kN/m}^2$

(i) Estados límite últimos, ELU

Carga de diseño debido a la combinación de carga crítica, F_d ,
(de la Tabla 16, ecuación (c) usando la condición
desfavorable de acciones variables), $F_d = (\gamma_G * G_k + \gamma_Q * Q_k) * B$

$F_d = (1.35 * 1.0\text{kN/m}^2 + 1.5 * 2.0\text{kN/m}^2) * 0.45\text{ m}$ $F_d = 1.96\text{kN/m}$

Momento de diseño debido a la combinación

crítica de cargas, $M_d = \frac{F_d * L_e^2}{8} = \frac{1.96\frac{\text{kN}}{\text{m}} * (4.5\text{ m})^2}{8}$ $M_d = 4.95\text{ kN m}$

Fuerza de corte de diseño debido a la combinación crítica de

cargas, V_d (ignorando la reducción de fuerza de corte referida

en 6.5.2.1) $V_d = F_d * {}^{4.5\text{ m}}/_{2} = 1.96\text{ kN/m} * {}^{4.5\text{ m}}/_{2}$ $V_d = 4.41\text{ kN}$

(ii) Estados límite de servicio, ELS

Carga de diseño debido a la acción

permanente en los SLS, $F_{ELS,G} = G_k * B = 1.0\text{kN/m}^2 * 0.45\text{ m} = 0.45\text{ kN/m}$

Carga de diseño debido a la acción

variable en los SLS, $F_{ELS,Q} = Q_k * B = 2.5\text{kN/m}^2 * 0.45\text{ m} = 0.9\text{ kN/m}$

5. Coeficientes de modificación

Coeficiente para la acción de duración permanente

y clase de servicio 2, $k_{mod,perm}$, (Tabla 12) $k_{mod,perm} = 0.6$

Coeficiente para la acción de duración media

y clase de servicio 2, $k_{mod,med}$, (Tabla 12) $k_{mod,med} = 0.8$

Coeficiente de corte de carga, k_{sis}, (de 5.3.7)

(N.B. se puede usar 1.1 si se requiere) $k_{sis} = 1.0$

Coeficiente de altura para madera sólida – flexión $k_h = 1.25$

y tensión axial – tome el tamaño como h_f, k_h (5.3.7)

Coeficiente de deformación para madera estructural $k_{def,pa} = 0.8$

y clase de servicio 2, (Tabla 18)

Coeficiente de deformación para madera contrachapada

y clase de servicio 2, (Tabla 18) $k_{def,al} = 1.0$

Condición de resistencia a pandeo con una viga $k_c = 1$

soportada lateralmente a lo largo de su patín a
compresión, $k_c = 1$ (ecuación 9.13)

6. Propiedades geométricas de la sección transformada

Dado que la sección es simétrica sobre su eje y-y el eje neutro se localiza a la mitad de su peralte.

Propiedades instantáneas de la sección transformada

Espesor de alma (transformada en madera), $b_{al,tfd}$

$$b_{al,tfd} = \left(b_{al}, \frac{E_{p,c,90,medio}}{E_{0,medio}}\right) = \left(12.5\text{ mm}, \frac{3.96\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}}{\frac{9.0\text{kN}}{\text{mm}^2}}\right)\ b_{al,tfd} = 5.5\text{ mm}$$

Segundo momento de área de los patines, $I_{ef,pa}$

$$I_{ef,pa} = \frac{2 * b_{pa} * H^3}{12} - \frac{2 * b_{pa} * \left(H - 2 * h_{pa}\right)}{12}$$

Segundo momento de área del alma, $I_{ef,a}$

$$I_{ef,al} = \frac{b_{al,tfd} * H^3}{12}$$

Segundo momento de área instantáneo de la
sección transformada (ecuación (9.4)),

$$I_{ef} = I_{ef,p} + I_{ef,al} =$$
$$\frac{2*45\text{ mm}*250\text{ mm}^3}{12} - \frac{2*45\text{ mm}*(250\text{ mm}-2*50\text{ mm})}{12} + \frac{5.5\text{ mm}*250\text{ mm}^3}{12} = 9.9 * 10^7\text{mm}^4$$

Propiedades finales de la sección transformada

Espesor del alma transformada:
La mayor relación de esfuerzo y resistencia será el mayor de la acción permanente/$k_{mod,perm}$ y la combinación de la acción permanente más la acción variable/$k_{mod,perm}$, como sigue

$$r = \frac{\gamma_G * G_k}{k_{mod,perm}} * \frac{k_{mod,media}}{\gamma_G * G_k + \gamma_Q * Q_k} = \frac{1.35 * 1.0\frac{\text{kN}}{\text{m}}}{0.6} * \frac{0.8}{1.35 * \frac{1.0\text{kN}}{\text{mm}^2} + 1.5 * \frac{2.0\text{kN}}{\text{mm}^2}} = 0.31$$

Debido a que el factor es menor que 1 la carga variable produce la relación de esfuerzo/resistencia mayor, por lo tanto el coeficiente ψ_2 se asociará con la carga variable.

Valor del coeficiente cuasi-permanente para la acción variable (Tabla 10)

$$b_{c,al,tfd} = \left(b_{al}, \frac{E_{p,c,90,medio}}{E_{0,medio}}\right) * \frac{1+\psi_2 * E_{def,pa}}{1+\psi_2 * E_{def,al}} \qquad b_{al,tfd} = 5.25 \text{ mm}$$

$$b_{c,al,tfd} = \left(12.5 \text{ mm}, \frac{3.96 \text{ kN/mm}^2}{9.0 \text{kN/mm}^2}\right) * \frac{1 + 0.3 * 0.8}{1 + 0.3 * 1.2}$$

Segundo momento de área del alma, $I_{c,ef,al} = \frac{b_{c,w,tfd} * H^3}{12}$

Segundo momento de área de la sección transformada en la condición final,

$$I_{c,ef} = I_{ef,pa} + I_{c,ef,al} = \frac{2*45 \text{ mm}*(250 \text{ mm} - 2*50 \text{ mm})}{12} + \frac{5.5 \text{ mm} * 250 \text{ mm}^3}{12} + \frac{5.25 \text{ mm} * 250 \text{ mm}^3}{12}$$

$$I_{c,ef} = 9.87 * 10^7 \text{mm}^4$$

7. Revisión de esfuerzo de flexión en los patines y el alma

Dado que el módulo de elasticidad medio del material del patín es mayor que el del alma, solamente es necesario revisar los esfuerzos en los patines en la condición de deformación final y los del alma en la condición instantánea. El caso de la carga crítica de diseño en los ELU será causada por la combinación de acciones permanentes y de acciones variables desfavorables de duración de término medio:

Esfuerzo en el patín debido a flexión – condición final:

Esfuerzo de flexión en el patín superior e inferior,

$$\sigma_{pa,c,max,d,c} = \frac{M_d}{I_{c,ef}} * \frac{H}{2} = \frac{4.95 \text{ kN m}}{9.87*10^7 \text{mm}^4} * \frac{250 \text{mm}^2}{2} \qquad \sigma_{pa,c,max,d,c} = 6.27 \text{ N/mm}^2$$

Resistencia de flexión del patín, $f_{m,d}$ (ecuación (9.11))

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod,med} * k_h * k_{sis} * f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0.8*1.25*1.0*18 \text{N/mm}^2}{1.3} \qquad f_{m,d} = 13.8 \mathbf{N}/\text{mm}^2$$

Por lo tanto sí resiste la flexión en los patines

Esfuerzo en el alma debido a la flexión en la condición instantánea:

Esfuerzo de flexión en el alma

$$\sigma_{al,c,d} = \left(\frac{M_d}{I_{ef}} * \frac{H}{2}\right)\left(\frac{E_{p,c,90,medio}}{E_{0,medio}}\right) = \left(\frac{4.95\ \text{kN m}}{9.87*10^7 \text{mm}^4} * \frac{250\text{mm}}{2}\right)\left(\frac{3.96\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}}{\frac{9.0\text{kN}}{\text{mm}^2}}\right) = 2.76\ \text{N/mm}^2$$

Resistencia de flexión del alma bajo compresión (ecuación (9.22))

$$f_{c,al,d} = \frac{k_{mod,med}*k_{sis}*f_{p,c,90,k}}{\gamma_{pM}} = \frac{0.8*1.0*9.7\text{N/mm}^2}{1.2} f_{c,al,d} = 6.47\ \text{N/mm}^2$$

Resistencia de flexión en el alma bajo tensión (ecuación (9.23))

$$f_{t,al,d} = \frac{k_{mod,med}*k_{sis}*f_{p,t,0,k}}{\gamma_{pM}} = \frac{0.8*1.0*7.4\text{N/mm}^2}{1.2} \qquad f_{t,al,d} = 4.93\ \text{N/mm}^2$$

Por lo tanto sí resiste la flexión en el alma

Esfuerzo en el patín debido al esfuerzo axial – condición final:

Esfuerzo axial en el patín superior e inferior, $\sigma_{pa,c,d,c}$, (ecuación (9.12b))

$$\sigma_{pa,c,d,c} = \frac{M_d}{I_{c,ef}}\left(\frac{H}{2} - \frac{h_{pa}}{2}\right) = \frac{4.95\ \text{kN m}}{9.87*10^7 \text{mm4}}\left(\frac{250\text{mm}}{2} - \frac{50mm}{2}\right) = 5.01\ \text{N/mm}^2$$

Resistencia axial en compresión, $f_{c,0,d}$ (ecuación (9.14))

$$f_{c,0,d} = \frac{0.8*1.0*18\text{N/mm}^2}{1.3} \qquad f_{c,0,d} = 11.08\ \text{N/mm}^2$$

Resistencia axial tomando en cuenta la inestabilidad lateral, ecuación (9.13)

$$k_c * f_{c,0,d} = 1 * 11.08\ \text{N/mm}^2 = 11.08\ \text{N/mm}^2$$

Resistencia axial en tensión, $f_{t,0,d}$, (ecuación (9.17))

$$f_{t,0,d} = \frac{k_{mod,med}*k_{sis}*k_h*f_{t,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0.8*1.0*1.25*18\text{N/mm}^2}{1.3}$$

$$f_{t,0,d} = 8.43\ \text{N/mm}^2$$

Por lo tanto sí resiste el esfuerzo axial en los patines

8. Pandeo y revisión de esfuerzos de corte en el alma

Condición de pandeo para el alma en el EC5: Dado que la relación $\frac{h_{al}}{b_{al}} = 12 < 70$ el pandeo se satisface la condición de pandeo (ecuación (9.24)).

Resistencia de corte del alma: Resistencia de corte del panel del alma, $f_{v,0,d}$

$$f_{v,0,d} = \frac{k_{mod,med} * k_{sys} * f_{p,v,k}}{\gamma_{pM}} = \frac{0.8 * 1.0 * 3.5 \text{N/mm}^2}{1.2} \qquad f_{v,0,d} = 2.33 \text{ N/mm}^2$$

Fuerza de corte de diseño que puede soportar el alma (ecuación (9.25))

$$F_{v,al,Ed} \leq \begin{pmatrix} b_{al} h_{al} \left(1 + \frac{0.5\left(h_{pa,t} + h_{pa,c}\right)}{h_{al}}\right) f_{v,0,d} \; para \; h_{al} \leq 35 b_{al} \\ 35 b_{al}^2 \left(1 + \frac{0.5\left(h_{pa,t} + h_{pa,c}\right)}{h_{al}}\right) f_{v,0,d} \; para \; 35 b_{al} \leq h_{al} \leq 70 b_{al} \end{pmatrix}$$

$$(h_{al} = 150\text{mm}) \leq (35 b_{al} = 437.5\text{mm})$$

$$F_{v,al,Ed} = 12.5\text{mm} * 150\text{mm}\left(1 + \frac{0.5(50 \text{ mm} + 50 \text{ mm})}{150\text{mm}}\right) * 2.33\text{N/mm}^2 = 5.83 * 10^3 \text{ N}$$

Fuerza de corte de diseño en el alma, V_d, $\qquad V_d = 4.41 * 10^3$ N

Dado que la resistencia de corte de diseño del alma es mayor que la fuerza de corte de diseño en el alma, la sección sí satisface los requerimientos.

Resistencia de diseño de la unión encolada entre el alma y los patines.

En la condición instantánea:

Fuerza de diseño, V_d $\qquad V_d = 4.41$ kN

Primer momento de área del patín sobre su eje neutro

$$S_{pa} = 2 * b_{pa} * h_{pa} * \left(\frac{H}{2} + \frac{h_f}{2}\right) = 2 * 45 \text{ mm} * 50 \text{ mm} * \left(\frac{250 \text{ mm}}{2} + \frac{45 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$S_{pa} = 4.5 * 10^{-4} \text{m}^3$$

Longitud total de la línea de pegamento en el patín

$2 * h_{pa} = 0.1$ m

Esfuerzo de corte en la línea de pegamento (ecuación (9.27a))

$$\tau_{medio,d} = \frac{V_d * S_{pa}}{I_{ef} * 2 * h_{pa}} = \frac{4.41\ \text{kN} * 4.5 * 10^{-4}\text{m}^3}{9.9 * 10^7 \text{mm}^4 * 2 * 50\ \text{mm}} \qquad \tau_{medio,d} = 0.2\ \text{N/mm}^2$$

En la condición final:

Esfuerzo de corte en la línea de pegamento (ecuación (9.27b)),

$$\tau_{c,medio,d} = \frac{V_d * S_{pa}}{I_{ef} * 2 * h_{pa}} = \frac{4.41\ \text{kN} * 4.5 * 10^{-4}\text{m}^3}{9.9 * 10^7 \text{mm}^4 * 2 * 50\ \text{mm}} \qquad \tau_{medio,d} = 0.2\ \text{N/mm}^2$$

Esfuerzo de corte por torsión del material del alma (ecuación (9.29))

$$f_{v,1,90,d} = \frac{k_{mod,med} * k_{sis} * f_{p,rr,k}}{\gamma_{pM}} = \frac{0.8 * 1.0 * 0.64\text{N/mm}^2}{1.2} \qquad f_{v,1,90,d} = 0.43\text{N/mm}^2$$

De la ecuación (9.28)

$$f_{v,90,d} = \begin{bmatrix} f_{v,1,90,d} & para\ h_{pa} \leq 4b_{ef} \\ f_{v,1,90,d}\left(\frac{4b_{ef}}{h_{pa}}\right)^{0.8} & para\ h_{pa} > 4b_{ef} \end{bmatrix} \qquad 50\ \text{mm} > 4 * 6.25\ \text{mm},$$

$$f_{v,90,d} = f_{v,1,90,d}\left(\frac{4b_{ef}}{h_{pa}}\right)^{0.8} = \frac{0.43\text{N}}{\text{mm}^2} * \left(\frac{4 * 6.25\ \text{mm}}{50\ \text{mm}}\right)^{0.8} = 0.25\text{N/mm}^2$$

Debido a que el esfuerzo de corte por torsión es mayor que el valor medio de esfuerzo de corte en el alma; la sección cumple con los requerimientos.

9. Deflexión de la viga en los ELS

Usando la combinación de carga característica en los ELS, con un coeficiente parcial de seguridad igual a 1 se obtiene,

En la condición instantánea:

La deflexión instantánea a la mitad de la luz en los ELS, $u_{inst,G}$, se basará en la ecuación de la deflexión de la Tabla 41.

$$u_{inst,G} = \frac{5}{384} * \frac{\left(F_{ELS,G} + F_{ELS,Q}\right) * L_e^4}{E_{0.medio} * I_{ef}} + \left(\frac{F_{ELS.G} + F_{ELS.Q}}{8}\right) * L_e^2 * \frac{1}{G_{al,medio} * A_{al}}$$

$=$

$$\frac{5}{384} * \frac{(0.45\ \text{kN/m} + 0.9\ \text{kN/m}) * (4.5\ \text{m})^4}{9.0\text{kN/mm}^2 * 9.9 * 10^7 \text{mm}^4} + \left(\frac{0.45\ \text{kN/m} + 0.9\ \text{kN/m} * (4.5\ \text{m})^2}{8}\right) * \frac{1}{18\ \text{kN/mm}^2 * 3.13\ 10^{-3}\text{m}^2}$$

$$u_{inst,G} = 8.15\text{mm}$$

Deflexión instantánea permisible a la mitad de la luz en los SLS

$$u_{inst,SLS,perm} = \frac{L_e}{300} = \frac{4500\ \text{mm}}{300} \qquad u_{inst,SLS,perm} = 15\text{mm}$$

En la condición de deformación final:

La propiedad de rigidez debe basarse en los requerimientos de EC5, 2.3.2.2(1):

$$b1_{c,al,tfd} = \left(b_{al} * \frac{E_{p,c,90,medio}}{E_{0,medio}}\right) * \frac{1+k_{def,pa}}{1+k_{def,al}} = \left(12.5\ \text{mm} * \frac{3.96\ \text{kN/mm}^2}{9.0\text{kN/mm}^2}\right) * \frac{1+0.8}{1+1.0}$$

$$b1_{c,al,tfd} = 4.95\ \text{mm}$$

Segundo momento de área del alma, $I1_{c,ef,al} = \frac{b1_{c,al,tfd} * H^3}{12} =$

Segundo momento de área de la sección transformada
para la condición de deformación final

$$I1_{c,ef} = I1_{ef,pa} + I1_{ef,al} \qquad I1_{c,ef} = 9{,}83 * 10^7\ \text{mm}^4$$

$$u_{fin} = \frac{5}{384} * \frac{\left(F_{ELS,G} + F_{ELS,Q}\right) * L_e^4}{E_{0.medio} * 1I_{c,ef}} * \left(1 + k_{def,pa}\right) * \left(\frac{F_{ELS,G} + F_{ELS,Q}}{8}\right) * L_e^2 * \frac{1 + k_{def,al}}{G_{al,medio} + A_{al}}$$

$$\frac{5}{384} * \frac{(0.45\ \text{kN/m} + 0.9\ \text{kN/m}) ** (4.5\ \text{m})^4}{9.0\text{kN/mm}^2 * 9{,}83 * 107\text{mm}^4} * (1 + 0.8) * \left(\frac{0.45\ \text{kN/m} + 0.9\ \text{kN/m}}{8}\right) ** (4.5\ \text{m})^2 * \frac{1+1}{18\ \text{kN/mm}^2 + A_{al}} = 14.79\ \text{mm}$$

Deflexión final neta en la mitad de la luz en los ELS, $u_{fin,SLS,per}$, (Tabla 42)

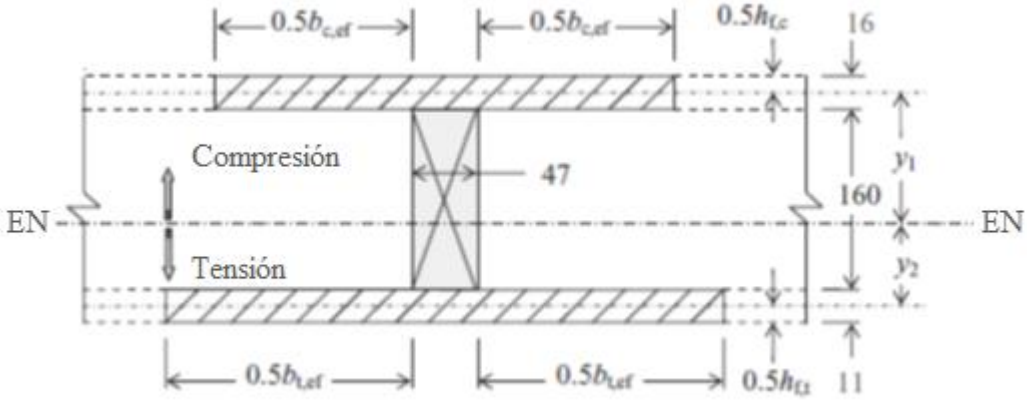
$$u_{fin,SLS,per} = \frac{L_e}{250} = \frac{4500\ \text{mm}}{250} \qquad u_{fin,SLS,per} = 18\ \text{mm}$$

La deflexión permisible es mayor que la real, por lo tanto sí es aceptable.

Ejemplo 9.6

La viga encolada de patín delgado de un techo se prolonga 4.5 m entre dos soportes. El panel tiene un peralte de 187 mm y se muestra en la Figura 76. La distancia entre almas es de 585 mm. La carga característica permanente en el alma es 0.35 kN/m, incluyendo el peso propio de la estructura y la carga característica de corta duración es 1.10 kN/m. La madera usada para el alma es de clase C22 de acuerdo con BS EN 338:2003 y los patines son OSB/3 de acuerdo con BS EN 300:1997, el espesor del patín superior es de 19 mm y el del patín inferior es de 11 mm. La estructura funciona bajo condiciones de clase de servicio 2. Determine si la estructura satisface los ELU de acuerdo con el EC5.

Figura 76. Sección transversal de la viga



Fuente: Elaboración Propia, 2011

1) Propiedades geométricas

Distancia entre almas	$b_{pa} = 550$ mm
Luz efectiva del panel	$L_e = 4.5$ m
Propiedades del alma:	
Ancho del alma	$b_{al} = 47$ mm
Distancia entre patines	$h_{al} = 160$ mm
Área del alma, $A_{al} = b_{al} * h_{al}$	$A_{al} = 7.52 * 10^{-3}$ m^2
Propiedades de los patines:	
Espesor del patín superior	$hs_{pa} = 16$ mm
Espesor del patín inferior	$hi_{pa} = 11$ mm
Peralte del a viga, $h = h_w + hs_{pa} + hi_{pa}$	$h = 187$ mm

Ancho efectivo del patín de una viga de sección I del panel (sección 9.3.2.1)

En compresión (Tabla 42)

$b1_{c,ef} = \min(0.15 * L_e, 25 * hs_{pa})$

$b1_{c,ef} = \min(675 * L_e, 400)$ $b1_{c,ef} = 400$ mm

Revisión de la longitud de pandeo del patín en compresión (sección 9.3.2.2),

$\frac{b_{pa}}{2*b1_{c,ef}} = \frac{550}{2*400} = 0.69$

Dado que el valor es menor que 1, se satisface el requerimiento.

En tensión (Tabla 42), $b1_{t,ef} = 0.15 * L_e$ $b1_{t,ef} = 675$ mm

Revisión del ancho del patín debido a la restricción geométrica de la sección, la razón no debe exceder 1:

$\frac{b1_{t,ef}}{b_{pa}} = \frac{675 \text{ mm}}{550 \text{ mm}} = 1.23$ No satisface

$\frac{b1_{c,ef}}{b_{pa}} = \frac{400 \text{ mm}}{500 \text{ mm}} = 0.72$ Sí satisface

Las dimensiones de diseño de los patines serán:

En compresión, (Tabla 42) $b_{c,ef} = 400$ mm

Distancia entre patines $b_{t,ef} = 550$ mm

Ancho efectivo del patín en compresión (ecuación (9.33)),

$b_{ef,c} = b_{c,ef} + b_{al} = 400 \text{ mm} + 47 \text{ mm}$ $b_{ef,c} = 447$ mm

Ancho efectivo del patín en tensión,

$b_{ef,t} = b_{t,ef} + b_{al} = 550 \text{ mm} + 47 \text{ mm}$ $b_{ef,t} = 597$ mm

2) Propiedades de resistencia del material

A partir de la Tabla 3, clase de resistencia C24 (BS EN 338:2003, *Tabla 1*):

Resistencia de flexión característica, $f_{m,k} = 22\text{N/mm}^2$

Resistencia de corte característica, $f_{v,k} = 2.4\text{N/mm}^2$

Módulo de elasticidad promedio paralelo a la veta $E_{0,medio} = 10.0$ kN/mm^2

Resistencia de compresión característica $f_{\text{OSB,c,90„k}} = 15.4\text{N/mm}^2$

Resistencia de tensión característica $f_{\text{OSB,t,90„k}} = 9.4$ N/mm^2

Resistencia de corte por torsión característica $f_{\text{OSB,r,k}} = 10$ N/mm^2

Módulo de elasticidad promedio $E_{\mathrm{OSB,c,0,,medio}} = 3.8\ \mathrm{kN/mm^2}$

El análisis de este ejemplo se basa en el uso del material del patín para toda la sección. Note que debido a que el valor medio E de la madera es mayor que el valor medio de E del OSB, únicamente será necesario revisar los esfuerzos de los patines en la condición instantánea y en el alma en la condición final.

3) Coeficientes parciales de seguridad

Tabla 16 para los ELU

Acciones permanentes $\gamma_{G,ULS} = 1.35$

Acciones variables $\gamma_{Q,ULS} = 1.5$

Tabla 10

Coeficiente para el valor cuasi-permanentes de una acción variable (condición de techo) $\psi_2 = 0.0$

Tabla 14

Coeficiente del material para madera solida $\gamma_M = 1.3$

Coeficiente del material para OSB $\gamma_{OSB,M} = 1.2$

4) Acciones

Acción permanente característica en la estructura $G_k = 0.35$ kN/m

Acción variable característica de término medio (impuesta) en la estructura $Q_k = 1.1$ kN/m

(i) Estados límite últimos, ELU

Carga de diseño debido a la combinación crítica de cargas, F_d , (de la Tabla 16, ecuación (c) usando la condición desfavorable de acciones variables),

$F_d = (\gamma_G * G_k + \gamma_Q * Q_k) = (1.15 * 0.35\ \mathrm{kN/m} + 1.5 * 1.1\ \mathrm{kN/m}) = 2.12\ \mathrm{kN/m}$

Momento de diseño debido a la combinación crítica de cargas,

$M_d = \frac{F_d * L_e^2}{8} = \frac{2.12\ \mathrm{kN/m} * 4.5^2\ \mathrm{m}}{8}$ $M_d = 5.37$ kN m

Fuerza de corte de diseño debido a la combinación crítica

de cargas, $V_d = F_d * {}^{L_e}/_2 = 2.12\ \text{kN/m} * {}^{4.5}/_2$ $V_d = 4.78$ kN

5) Coeficientes de modificación

Coeficiente para acción permanente

y clase de servicio 2 (Tabla 12), $k_{mod,perm} = (0.6 * 0.3)^{0.5}$ $k_{mod,perm} = 0.42$

Coeficiente para acción de corta duración

y clase de servicio 2 (Tabla 12), $k_{mod,perm} = (0.9 * 0.7)^{0.5}$ $k_{mod,corto} = 0.79$

Coeficiente de resistencia del sistema (5.3.7) $k_{sis} = 1.0$

Coeficiente de altura (5.3.7)

Dado que la altura es mayor a 150 mm se toma uno $k_h = 1.0$

Coeficiente de deformación para la madera

bajo condiciones de clase de servicio 2 (Tabla 18) $k_{def,m=}$ 0.8

Coeficiente de deformación para OSB bajo

condiciones de clase de servicio 2 (Tabla 18) $k_{def,f=}$ 2.25

6) Propiedades geométricas de la sección transformada

A diferencia del ejemplo anterior, en este ejemplo la sección no es simétrica sobre su eje y-y por lo que el eje neutro no se localiza a la mitad de su peralte.

Propiedades instantáneas de la sección transformada

Espesor de alma (Transformada en OSB),

$$b_{al,tfd} = \left(b_{al}, \frac{E_{0,medio}}{E_{OSB,c,0,medio}}\right) = \left(47\ \text{mm}, \frac{10.0 \frac{\text{kN}^2}{\text{mm}}}{3.8 \frac{\text{kN}^2}{\text{mm}}}\right) = 123.68\ \text{mm}$$

Área del patín en compresión,

$A_{ef,pat,c} = b_{ef,c} * hs_p = 447\ \text{mm} * 16\ \text{mm}$ $A_{ef,pat,c}$ =7.15*10^{-3} m^2

Área del patín en tensión,

$A_{ef,pat,t} = b_{ef,t} * hi_p = 597\ \text{mm} * 11\ \text{mm}$ $A_{ef,pat,t} = 6.57 * 10^{-3}$ m^2

Área del alma

$A_{ef,al} = b_{al,tfd} * h_{al} = 123\ \text{mm} * 47\ \text{mm}$ $A_{ef,al} = 19788$ mm^2

Área transformada

$A_{ef} = A_{ef,al} + A_{ef,pat,c} + A_{ef,pat,t} =$ $A_{ef} = 0.033$ m^2

Primer momento de área de la sección sobre la cara superior:

$$A_{1er} = b_{ef.t} * hi_{pat} * \left(h - {hi_{pat}}/{2}\right) + b_{al.tfd} * h_{al} * \left({h_{al}}/{2} - hs_{pat}\right)$$

$$+b_{ef.c} * hs_{pat} * {hs_{pa}}/{2} = 2.51 * 10^{-3}\ \text{m}^2$$

Distancia desde la cara superior al eje neutro

$y_t = {A_{1er}}/{A_{ef}} = 2.51 * 10^{-3}\text{m}^2/0.033\ \text{m}^2$ $y_t = 74.86\text{mm}$ Segundo momento de área sobre el eje neutro

Alma

$$I_{ef,al} = \frac{b_{al,tfd} * h_{al}^3}{12} + A_{ef,w} * \left(y_t - (ht_{pa} + {h_{al}}/{2})\right)^2 \quad I_{ef,al} = 5.1 * 10^{-5}\ \text{m}^4$$

Patín en superior

$$I_{ef,pa,c} = \frac{b_{ef,c} * hs_{pa}^3}{12} + A_{ef,pa,c} * \left(y_t - ({hs_{pa}}/{2})\right)^2 = 3.21 * 10^{-5}\ \text{m}^4$$

Patín en inferior

$$I_{ef,pa,t} = \frac{b_{ef,t} * hi_{pa}^3}{12} + A_{ef,pa,t} * \left(h - y_t - ({hi_{pa}}/{2})\right)^2 \quad I_{ef,pa,t} = 7.4 * 10^{-5}\text{m}^4$$

Segundo momento de área transformada instantáneo

$I_{ef} = I_{ef,al} + I_{ef,pa,c} + I_{ef,pa,t}$ $I_{ef} = 1.57 * 10^8\ \text{mm}^4$

Propiedades finales de la sección transformada

La mayor relación *r* de esfuerzo-resistencia es el correspondiente al valor mayor entre la acción permanente/$k_{mod,perm}$ y la acción permanente combinada más la acción variable/$k_{mod,med}$.

$$r = \frac{\gamma_G * G_k}{k_{0.42}} * \frac{0.79}{\gamma_G * G_k + \gamma_Q * Q_k} = \frac{1.35 * 0.35\ \text{kN/m}}{1} * \frac{1}{1.35 * 0.35\ \text{kN/m} + 1.5 * 1.1\ \text{kN/m}} = 0.42$$

Debido a que el factor es menor que 1 la carga variable produce la mayor relación de esfuerzo/resistencia, por lo tanto el coeficiente ψ_2 se asociará con la carga variable.

El valor del coeficiente ψ_2 para esta condición es $\psi_2 = 0$.

Debido a esta condición las propiedades instantáneas y finales serán las mismas. Únicamente será necesario llevar a cabo el análisis para esta condición.

7) Resistencia al pandeo en los patines

El caso de carga crítica de diseño en los ELU se deberá a la combinación de acciones permanentes y variables desfavorables de término medio.

Esfuerzo en los patines debido a la flexión:

Esfuerzo de flexión en el patín superior (en compresión),

$$\sigma_{pa,c,max,d} = \frac{M_d}{I_{ef}} * \left(y_t - \frac{hs_{pa}}{2}\right)$$

$$= \frac{5.37 * 10^6\ \text{N mm}}{1.57 * 10^8 \text{mm}^4} * \left(74.86\ - \frac{16}{2}\right) \text{mm} = 2.27\ \text{N/mm}^2$$

Esfuerzo de flexión en el patín inferior (en tensión),

$$\sigma_{pa,t,max,d} = \frac{M_d}{I_{ef}} * \left(h - y_t - \frac{hi_{pa}}{2}\right)$$

$$= \frac{5.37 * 10^6\ \text{N mm}}{1.57 * 10^8 \text{mm}^4} * \left(187 - 74.86 - \frac{11}{2}\right) = 3.54\ \text{N/mm}^2$$

Resistencia axial en el patín superior,

$$f_{OSB,c,0,d} = \frac{k_{mod,corto} * k_{sis} * f_{OSB,c,0,k}}{\gamma_{OSB,M}} = \frac{0.79 * 1 * 15.4 \text{N/mm}^2}{1.2} = 10.19\ \text{N/mm}^2$$

Resistencia axial en el patín inferior,

$$f_{OSB,t,0,d} = \frac{k_{mod,c\,orto} * k_{sis} * f_{OSB,t,0,k}}{\gamma_{OSB,M}} = \frac{0.79 * 1 * 9.4\ \text{N/mm}^2}{1.2} \quad f_{OSB,t,0,d} = 6.22\ \text{N/mm}^2$$

Los esfuerzos en los patines sí satisfacen

8) Revisión de pandeo y esfuerzo de corte en el alma

El caso de carga crítica de diseño en los ELU se deberá a la combinación de acciones permanentes y variables desfavorables de término medio.

Distancia máxima del eje neutro al extremo libre

$$y_1 = max\left(\left(y_t - hs_{pa}\right), \left(h - hi_{pa} - y_t\right)\right) = \max(58.86, 101.13)\,\text{mm} = 101.13\ \text{mm}$$

Esfuerzo de flexión en el alma

$$\sigma_{al,c,d,c} = \frac{M_d}{I_{ef}} * y_1 * \left(\frac{E_{0,medio}}{E_{OSB,c,0,medio}}\right)$$

$$= \frac{5.37*10^6\ \text{N mm}}{1.57*10^8\text{mm}^4} * 74.86mm * \left(\frac{10.0\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}}{3.8\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}}\right) = 9.05\ \text{N/mm}^2$$

Resistencia de flexión en el alma

$$f_{al,d} = \frac{k_{mod,med}*k_{sis}*k_h*f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0.79*1.0*1.0*22\ \text{N/mm}^2}{1.3} \qquad f_{al,d} = 13.43\ \text{N/mm}^2$$

El esfuerzo de flexión en el alma sí satisface

Resistencia de corte en el alma:

Fuerza de corte en el alma, $V_d = 4.78 * 10^3\ \text{N}$

Primer momento de área de la sección sobre el eje neutro.

$$S_{s,pri,EN} = b_{ef.c} * hs_{pat} * \left(y_t - \frac{hi_{pat}}{2}\right) + b_{al.tfd} * \frac{\left(y_t - hi_{pat}\right)^2}{2} = 0.62 * 10^{-3}\ \text{m}^3$$

Esfuerzo de corte en el EN

$$\tau_{v,d} = \frac{V_d * S_{t,f,EN}}{I_{ef} * b_{al,tfd}} * \frac{E_{0,medio}}{E_{OSB,c,0,medio}}$$

$$= \frac{4.78*10^3\ \text{N}*0.62\text{mm}^3}{1.57*10^8\text{mm}^4*123.68\ \text{mm}} * \frac{10.0\ \text{kN/mm}^2}{15.4\text{N/mm}^2} \qquad \tau_{v,d} = 0.40\ \text{N/mm}^2$$

Esfuerzo de corte en el material del alma

$$f_{v,d} = \frac{0.79*1.0*2.4\text{N/mm}^2}{1.3} \qquad f_{v,d} = 1.47\ \text{N/mm}^2$$

La resistencia de corte de diseño es mayor al esfuerzo de corte, sí satisface

Resistencia de corte de la unión encolada entre el alma y los patines:

Fuerza de corte en la viga, $V_d = 4.78 * 10^3$ N

Primer momento de área del patín superior sobre el EN

$$S_{s,pa} = b_{ef.c} * hs_{pat} * \left(y_t - {hs_{pat}}/{2}\right)$$

$$= 447 \text{ mm} * 16 \text{ mm} * \left(74.86 \text{ mm} - {16 \text{ mm}}/{2}\right) \quad S_{s,pa} = 4.78 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

Primer momento de área del patín inferior sobre el EN

$$S_{i,pa} = b_{ef.t} * hi_{ef} * \left(h - y_t - {hi_{pat}}/{2}\right) = 597 \text{ mm} * 11 \text{ mm} *$$

$$\left(187 \text{ mm} - 74.86 \text{ mm} - {11 \text{ mm}}/{2}\right) = 7.00 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

Valor máximo del primer momento de área sobre el EN

$S_{pa} = max(S_{s,pa}, S_{i,pa})$ $\quad S_{pa} = 7.00 * 10^{-4}$ m^3

Esfuerzo de corte medio en el patín a través de la línea de pegamento

$$\tau_{medio,d} = \frac{V_d * S_{pa}}{I_{ef} * b_{al,tfd}} * \frac{E_{0,medio}}{E_{OSB,c,0,medio}} = \frac{4.78*10^3 \text{ N}*700255 \text{ mm}^3}{1.57*10^8 \text{mm}^4 * 123.68 \text{ mm}} * \frac{10.0 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}}{\frac{15.4 \text{N}}{\text{mm}^2}} = 0.45 \text{ N/mm}^2$$

Resistencia de corte por torsión del material del patín

$$f_{v,1,90d} = \frac{0.79*1.0*10 \text{ N/mm}^2}{1.2} \quad f_{v,1,90,d} = 0.66 \text{ N/mm}^2$$

Requerimientos de diseño para corte por torsión (ecuación 9.56)

$$f_{v,90,d} = \begin{bmatrix} f_{v,1,90,d} & para\ b_{al} \leq 8h_{pa} \\ f_{v,1,90,d} \left(\frac{8hi_{pa}}{b_{al}}\right)^{0.8} & para\ b_{al} > 8h_{pa} \end{bmatrix}$$

Se cumple que $b_{al} \leq 8h_{pa}$, $\quad f_{v,90,d} = 0.66$ N/mm^2

La resistencia para corte por torsión es mayor el esfuerzo de corte medio en el alma a través de la línea de pegamento, por lo tanto sí satisface. Además se puede notar claramente que no se requiere revisar la resistencia de corte por torsión de la conexión entre el alma y el patín inferior.

10. DISEÑO DE COLUMNAS ARMADAS

10.1. Introducción

Las columnas pueden ser formadas por un miembro cortado simple o secciones laminadas encoladas, o pueden ser ensambladas con perfiles que sean estructuralmente más eficientes para el tipo de carga que se deberá soportar y/o situaciones particulares requeridas para encajar. Los requerimientos de diseño del EC5 que tratan sobre columnas de elementos simples se muestran en el Capítulo 8; las columnas con secciones macizas y laminadas respectivamente se muestran en el Capítulo 9; los procedimientos utilizados para columnas armadas se muestran en este capítulo.

Las columnas armadas son columnas compuestas de dos o más secciones de madera, o productos de la madera, conectados por adhesivos o por conectores mecánicos (e.g. clavos, pernos, grapas, tornillos, clavijas, placas de metal perforado), permitiendo a la sección combinada trabajar como un elemento compuesto. Estas columnas pueden proveer mayor resistencia que las sumas de resistencia de una única columna.

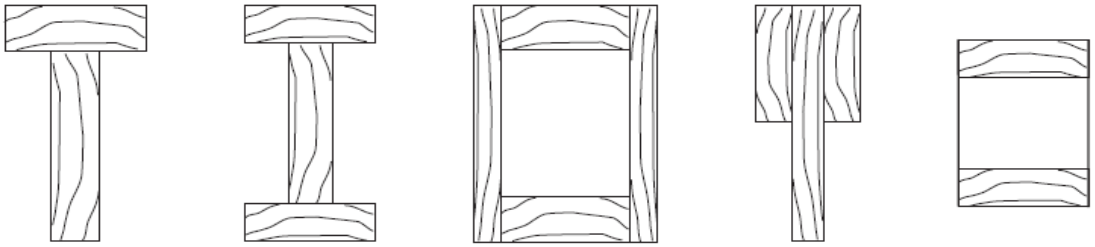
Cuando se usan adhesivos, no habrá deslizamiento en las juntas y el comportamiento de la columna armada de igual forma se asumirá como el de una sección compuesta, mientras que con conectores mecánicos existirá un ligero deslizamiento entre las juntas resultando en una reducción de la capacidad para soportar carga. Las columnas armadas pueden ser construidas en una gran variedad de secciones, se muestran algunos ejemplos en las Figuras 77 y 78, y están formadas para cumplir ciertas demandas, para proveer secciones mayores a las que están disponibles normalmente, o puramente para aplicaciones arquitectónicas. La aplicación de las reglas de diseño para secciones compuestas así como para columnas espaciadas y del tipo con rejillas se muestra en este capítulo. El procedimiento considera columnas armadas pegadas o unidas por conectores mecánicos.

10.2. Consideraciones de diseño

Las columnas armadas cargadas axialmente deben de cumplir con las reglas relevantes de diseño y con los requerimientos del EC5.Los estados límite asociados con los efectos de diseño para esta sección cuando se carga axialmente están dados en la Tabla 27.El estado de equilibrio y condiciones de resistencia se relacionan con las situaciones de falla y deben cumplir con los requerimientos del estado límite último. El efecto del desplazamiento se relaciona a situaciones

de uso habituales, sin embargo para una sección de columna maciza, no se especifica ningún procedimiento en el EC5 con respecto al criterio del estado límite último.

Figura 77. Ejemplos de columnas armadas



Fuente: Porteus & Kermani, 2007

Cuando una columna armada está formada por pegamento o por restricciones mecánicas, en el EC5 el procedimiento de diseño es únicamente aplicable a miembros que están sometidos a cargas axiales actuando sobre el centro de gravedad de la sección armada y para los casos donde se le añaden momentos pequeños actuando conjuntamente con la carga axial. En este capítulo se cubren solamente columnas armadas que cumplen con estas condiciones.

10.3. Generalidades

En adición a las restricciones en cuanto a los tipos de cargas que pueden considerarse en estas columnas, las reglas de diseño en el EC5 aplican únicamente a los miembros en donde los elementos de una columna están constituidos de tramos completos (e.g., no hay juntas en toda la longitud del elemento) y la columna armada está unida por medio de un conector y soportada lateralmente en posición en cada extremo de una manera efectiva.

Figura 78. Columnas armadas típicas

(a) Columnas encoladas espaciadas con secciones de madera laminada

(b) Columnas atornilladas espaciadas con secciones sólidas

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

10.4 Rigidez de la flexión de columnas armadas

En el Capítulo 7 se muestra que cuando se trata de columnas de sección maciza, en situaciones normales de diseño la resistencia de diseño generalmente será determinada por la resistencia al pandeo de los miembros. Éste es también el caso de las columnas constituidas de secciones armadas. Sin embargo, con secciones armadas la determinación de la resistencia al pandeo es una tarea más amplia, por las siguientes razones:

- Se pueden combinar materiales con diferentes propiedades.
- No habrá deslizamiento dentro de la sección cuando se utilizan conectores mecánicos.
- Existe el riesgo añadido de los efectos de la inestabilidad local en ciertas secciones, por ejemplo, secciones "T" o "I".

Si las interfaces de los miembros de una columna armada están unidas por conectores mecánicos, cuando se someta a flexión se generará un leve deslizamiento entre los elementos adyacentes produciendo una discontinuidad en la deformación en estas posiciones y la curvatura de los elementos individuales será distinta. En estas situaciones, la teoría convencional de flexión no se puede utilizar para determinar la rigidez a flexión de la sección y para analizar esta situación se debe considerar el efecto de deslizamiento.

Esto puede lograrse mediante la modelación completa del comportamiento de cada elemento de fijación en la conexión y mediante el análisis de la sección armada utilizando un enfoque de análisis por elementos finitos. Un método alternativo, ligeramente de menor precisión, pero adecuado para propósitos de diseños normales, es aplicar la teoría convencional de flexión a cada elemento en la columna armada, asumir una compatibilidad en la curvatura y el desplazamiento de elementos adyacentes a las columnas en cada interfaz, y simular el efecto del deslizamiento en estas interfaces, asumiendo que la resistencia del conector en estas zonas puede ser representada por elementos de resortes lineales.

A partir de este tipo de análisis se obtiene una estimación razonable de la rigidez a la flexión de la sección compuesta. Cuando la rigidez de los resortes tiende al infinito, se obtendrá la rigidez a la flexión de una sección armada que ha sido pegada, y si es cero, la resistencia a la flexión será igual a una sección en la que los miembros no están conectados. Un ejemplo del modelo aplicado a una sección "T" sujetada por medio de conectores se muestra en la Figura 79. Para un desplazamiento de la sección en la dirección z-z, como se muestra en la Figura 79 inciso (a), la

resistencia ofrecida por los conectores será igual a la rigidez del conector multiplicada por el deslizamiento relativo entre los elementos en la interface como se muestra en la Figura 79 inciso (c). En el análisis, un arreglo de resorte con la misma rigidez por unidad de longitud del elemento de conexión se monta en la interface entre la viga y el patín como se muestra en la Figura 79 inciso (d).

Mediante la aplicación de la teoría de flexión simple al modelo y usando los principios de la teoría de elasticidad lineal, la estructura puede ser analizada y se puede obtener una estimación razonable de la rigidez a la flexión de la sección de la columna compuesta. El método se utiliza en el EC5 donde la rigidez se conoce como la resistencia a la flexión efectiva y se define como $(IE)_{ef}$.

En el diseño de las columnas, el estado de diseño será el estado límite último (ELU), y donde los miembros se unen mediante conectores mecánicos, la rigidez del conector por unidad de longitud se toma como ELU el módulo de deslizamiento por plano de corte, K_u, dividido por el espaciamiento entre conectores. El módulo de deslizamiento por plano de corte del ELU se obtiene a partir de:

$$K_u = \frac{2}{3} K_{ser} \tag{10.1}$$

donde K_{ser} es el módulo de deslizamiento por plano de corte por conector en el estado límite de servicio (ELS) y el valor de esta propiedad para diferentes conectores se obtiene de la siguiente Tabla 43.

Tabla 43. Valores para K_{ser} para conectores en conexiones sobre maderas

Tipo de conector utilizado	Estado límite de servicio módulo de deslizamiento K_{ser} (N/mm)
Clavos	
Sin previa perforación	$\rho_m^{1.5} d^{0.8}/30$
Con previa perforación	$\rho_m^{1.5} d/23$
Grapas	$\rho_m^{1.5} d^{0.8}/80$
Tornillos	$\rho_m^{1.5} d/23$
Pernos	$\rho_m^{1.5} d/23$
Clavijas	$\rho_m^{1.5} d/23$

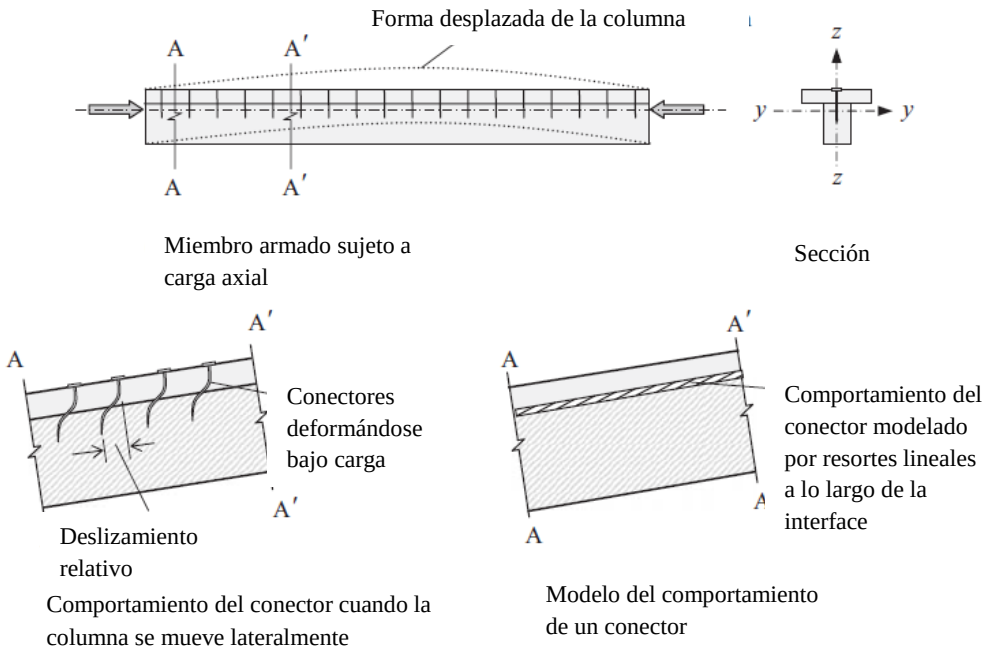
Fuente: Porteus & Kermani, 2007

El análisis usado en el EC5 incorpora las siguiente asunciones:

(a) El miembro está unido por conectores en cada extremo.

(b) El espaciamiento entre conectores es constante o varia uniformemente de acuerdo con la fuerza cortante distribuida entre s_{min} y s_{max}, con $s_{max} \leq 4s_{min}$, donde s es el espaciamiento entre conectores.

Figura 79. Modelado de interfaces de deslizamiento



Fuente: Porteus & Kermani, 2007

Algunas de las secciones de los perfiles comúnmente utilizados para columnas armadas se muestran en la Figura 80.

10.4.1 La rigidez efectiva a la flexión de la sección de una columna armada respecto al eje fuerte y-y. La rigidez efectiva a la flexión de las secciones de columnas armadas que se muestran en las Figuras 80 inciso (a)-(f), se obtiene cuando se flexionan respecto al eje y-y de:

$$(EI)_{ef,y} = \sum_{i=1}^{3}\left(E_i I_i + \gamma_i E_i A_i a_i^2\right) \qquad (10.2)$$

donde los símbolos se definen en la Figura 80 y:

- E_i es el valor medio del módulo de elasticidad del elemento, *i* (ver 10.6)
- A_i es el área de la sección transversal del elemento *i*, e.g. = b_ix h_i.

$I_i$es el segundo momento de área (momento de inercia) del elemento *i* respecto al eje de flexión, e.g. $I_i = b_i h_i^3/12$

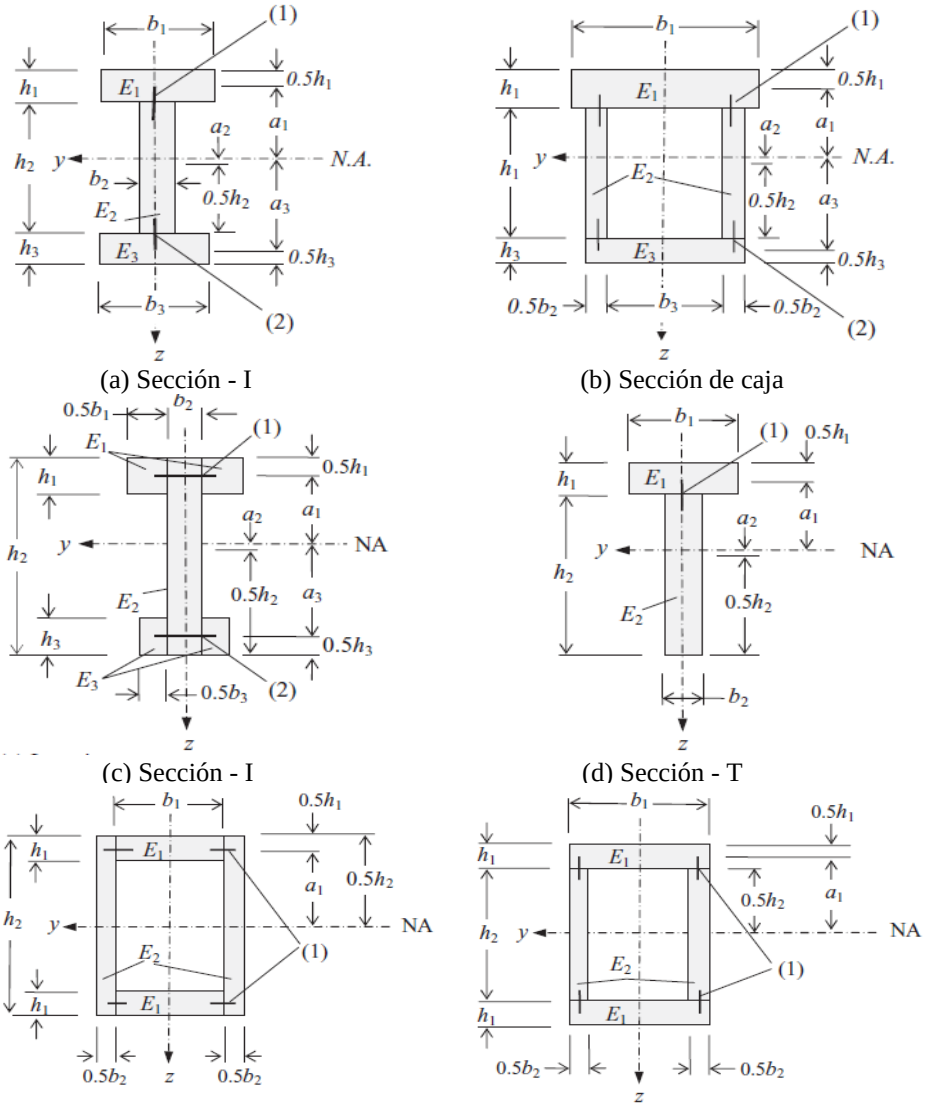
- γ_i es el factor de eficiencia del conector, donde γ_2= 1 y para i = 1 o 3 es:

$$\gamma_i = [1 + \pi^2 E_i A_i s_i/(K_i l^2)]^{-1} \quad (10.3)$$

- s_i es el espaciamiento entre conectores de la conexión i. Donde se usa un espaciamiento variable para permitir una fuerza cortante distribuida y $s_{max} \leq 4s_{min}$, o se puede usar

$$s_{ef} = 0.75s_{min} + 0.25s_{max}.$$

Figura 80. Perfiles de columnas armadas donde aplican las reglas del EC5



Clave:

(1) Conector (1): Espaciamiento s_1 Módulo de deslizamiento K_1 Carga del conector F_1

(2) Conector (2): Espaciamiento s_2 Módulo de deslizamiento K_2 Carga del conector F_2

Todas las medidas se deben considerar como positivas excepto por a_2, la cual se toma como positiva cuando se muestra

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

- s_i será 1/2 del espaciamiento entre conectores por unidad de longitud usado en cada plano de unión donde el patín esté constituido de dos elementos conectados a una sola alma (Figura 80 inciso (c)) o cuando el alma esté constituida de dos elementos conectados a un único patín (Figura 80 inciso (e)). En otras palabras, la rigidez usada para la conexión será el doble de la rigidez del conector en cada plano de unión.
- K_i es la rigidez del conector *i* por plano de unión e iguala a $K_{u,i}$ para cálculos relacionando el ELU (ver 10.6)
- l es la longitud de la columna.
- Se debe notar que para una interface pegada, $K_i = \infty$, γ_i será igual a 1 y la rigidez efectiva a la flexión será igual a la sección compuesta derivada. Cuando K_i es 0, γ_i también será 0, igualando a una sección que tiene elementos no conectados.
- a_i es la distancia desde el centro del área del elemento *i* al eje neutral de la sección compuesta.

En la Figura 80, para los perfiles (e) y (f), $a_2 = 0$ y para los perfiles (a) y (d), a_2 se obtendrá por:

$$a_2 = \frac{\gamma_1 E_1 A_1 (h_1+h_2) - \gamma_3 E_3 A_3 (h_2+h_3)}{2\sum_{i=1}^{3} \gamma_i E_i A_i} \qquad (10.4)$$

Las otras distancias se pueden calcular desde la geometría de la sección y para la sección T en el perfil (d), $h_3$será igual a 0 en la ecuación (10.4). Todas la medidas se deben considerar positivas excepto para a_2, donde será positiva cuando se muestre en la Figura 80.

Aplicando las ecuaciones (10.2) - (10.4), la rigidez efectiva a la flexión respecto al eje *y-y* para los perfiles (a) - (f) inclusive será como se muestra en la Tabla 44. Se debe notar que las ecuaciones en la Tabla 44 (y 45) incorporan el efecto de la reducción en el espaciamiento entre conectores donde el patín consiste de dos elementos conectados a una única alma.

10.4.2 La rigidez efectiva a la flexión de la sección de una columna armada respecto al eje (x-x).

Cuando debido a la geometría de una sección armada o la combinación de propiedades de materiales usados es asimétrico respecto al eje y-y, como lo es el caso de los perfiles (a) y (d) en la Figura 80, sin considerar si las interfaces están pegadas o unidas por conectores mecánicos, se propone que los elementos de la sección sean tratados como miembros individuales. El efecto rigidizante de la sección armada se ignora y la capacidad de la columna es conservadoramente tomando como la suma de las resistencias de los elementos individuales de la sección.

Sin embargo, si la geometría y propiedades del materias son tales que las sección es simétrica respecto al eje y-y, la rigidez efectiva a la flexión de la sección armada se puede obtener como en la sección 10.4.1. Los perfiles (e) y (f) en la Figura 80 claramente recaen en esta categoría y si los patines en los perfiles del (a) al (c) cada uno tiene la misma sección transversal y están hechos del mismo material, el método también aplicará. El valor de la rigidez efectiva a la flexión para estos perfiles respecto al eje *z-z* se dan en la Tabla 44.

10.4.3 Procedimiento de Diseño. Cuando una sección armada está sujeta a una fuerza de diseño de compresión axial, $F_{c,d,}$ el esfuerzo en la sección dependerá de la rigidez efectiva axial de la sección compuesta, $(EA)_{ef}$, siendo esta:

$$(EA)_{ef} = \sum_{i=1}^{n} E_i A_i \tag{10.5}$$

donde *n* representa el número de elementos en la sección transversal, y $E_i$es el módulo de elasticidad medio del miembro *i* paralelo a las vetas y A_i es el área de la sección transversal del miembro *i.*

En el EC5 se asume que bajo acciones de fuerzas axiales de diseño la sección será sometida a una deformación uniforme y no existirá esfuerzo cortante a lo largo de las interfaces entre los miembros. Esto se logra cuando la fuerza axial es aplicada como un cuerpo rígido sobre la sección y su resultante actúa respecto al centroide del diagrama *EA* de la sección. Bajo esta condición, el esfuerzo axial en cada miembro *i* en la sección será:

$$\sigma_{c,0,d,i} = \frac{E_i F_{c,d}}{\sum_{i=1}^{n} E_i A_i} \tag{10.6}$$

donde los símbolos se describen arriba y $\sigma_{c,0,d,i}$ es el esfuerzo axial en el miembro *i* de una sección compuesta. Si el módulo de elasticidad es el mismo para todos los miembros en la sección, la ecuación (10.6) se reduce a:

$$\sigma_{c,0,d,i} = \frac{F_{c,d}}{A_{tot}} \tag{10.7}$$

(EC5, ecuación (C.2))

Por ejemplo el esfuerzo axial será el mismo en todos los miembros y A_{tot} es el área de la sección transversal de la sección compuesta.

La resistencia al pandeo de una sección armada respecto a cada eje a flexión es dependiente de la relación de esbeltez efectiva de la sección, λ_{ef}, y para una sección de columna armada con extremos articulados y longitud l, será:

Tabla 44. Rigidez efectiva a la flexión respecto al eje *y-y*.

Perfil en Figura 80	Rigidez efectiva a la flexión respecto al eje *y-y*, $(EI)_{ef,y}$
Sección armada (a) y (b)	$(EI)_{ef,y} = E_1\frac{b_1h_1^3}{12} + E_2\frac{b_2h_2^3}{12} + E_3\frac{b_3h_3^3}{12} + \gamma_1E_1(b_1h_1)a_1^2 + E_2(b_2h_2)a_2^2 + \gamma_3E_3(b_3h_3)a_3^2$ donde para la sección (a) $\gamma_1 = \left[1 + \pi^2E_1(b_1h_1)\left(\frac{s_1}{K_1}\right)\frac{1}{\ell^2}\right]^{-1}$ and $\gamma_3 = \left[1 + \pi^2E_3(b_3h_3)\left(\frac{s_3}{K_3}\right)\frac{1}{\ell^2}\right]^{-1}$ donde para la sección (b) $\gamma_1 = \left[1 + \pi^2E_1(b_1h_1)\left(\frac{s_1}{2K_1}\right)\frac{1}{\ell^2}\right]^{-1}$ and $\gamma_3 = \left[1 + \pi^2E_3(b_3h_3)\left(\frac{s_3}{2K_3}\right)\frac{1}{\ell^2}\right]^{-1}$
Sección armada (c)	$(EI)_{ef,y} = E_1\frac{b_1h_1^3}{12} + E_2\frac{b_2h_2^3}{12} + E_3\frac{b_3h_3^3}{12} + \gamma_1E_1(b_1h_1)a_1^2 + E_2(b_2h_2)a_2^2 + \gamma_3E_3(b_3h_3)a_3^3$ donde $\gamma_1 = \left[1 + \pi^2E_1(b_1h_1)\left(\frac{s_1}{2K_1}\right)\frac{1}{\ell^2}\right]^{-1}$ and $\gamma_3 = \left[1 + \pi^2E_1(b_3h_3)\left(\frac{s_3}{2K_3}\right)\frac{1}{\ell^2}\right]^{-1}$
Sección armada (d)	$(EI)_{ef,y} = E_1\frac{b_1h_1^3}{12} + E_2\frac{b_2h_2^3}{12} + \gamma_1E_1(b_1h_1)a_1^2 + E_2(b_2h_2)a_2^2$ donde $\gamma_1 = \left[1 + \pi^2E_1(b_1h_1)\left(\frac{s_1}{K_1}\right)\frac{1}{\ell^2}\right]^{-1}$ $(EI)_{ef,y} = 2E_1\frac{b_1h_1^3}{12} + E_2\frac{b_2h_2^3}{12} + 2(\gamma_1)E_1(b_1h_1)\left(\frac{h_2}{2} - \frac{h_1}{2}\right)^2$
Sección armada (e)	donde $\gamma_1 = \left[1 + \pi^2E_1(b_1h_1)\left(\frac{s_1}{2K_1}\right)\frac{1}{\ell^2}\right]^{-1}$ $(EI)_{ef,y}2E_1\frac{b_1h_1^3}{12} + E_2\frac{b_2h_2^3}{12} + 2(\gamma_1)E_1(b_1h_1)\left(\frac{h_2}{2} + \frac{h_1}{2}\right)^2$
Sección armada (f)	donde $\gamma_1 = \left[1 + \pi^2E_1(b_1h_1)\left(\frac{s_1}{2K_1}\right)\frac{1}{\ell^2}\right]^{-1}$

Continuación de Tabla 44. Rigidez efectiva a la flexión respecto al eje *z-z*

Perfil en Figura 80	Rigidez efectiva a la flexión respecto al eje *z-z*, $(EI)_{ef,z}$
Sección armada (a) donde $E_1 = E_3$, $b_1 = b_3$ y $h_1 = h_3$	$(EI)_{ef,z} = 2E_1\frac{h_1 b_1^3}{12} + E_2\left(\frac{h_2 b_2^3}{12}\right)$
Sección armada (c) donde $E_1 = E_3$, $b_1 = b_3$ y $h_1 = h_3$	$(EI)_{ef,z} = 4E_1\frac{h_1(0.5b_1)^3}{12} + E_2\frac{h_2 b_2^3}{12} + 4\gamma_1 E_1(h_1 0.5b_1)\left(\frac{b_2}{2} + \frac{b_1}{4}\right)^2$ donde $\gamma_1 = \left[1 + \pi^2 E_1(h_1 b_1)\left(\frac{s_1}{2K_1}\right)\frac{1}{\ell^2}\right]^{-1}$
Sección armada (e)	$(EI)_{ef,z} = 2E_1\frac{h_1 b_1^3}{12} + 2E_2\frac{h_2(0.5b_2)^3}{12} + 2\gamma_1 E_2\left(\frac{b_2 h_2}{2}\right)\left(\frac{b_1}{2} + \frac{b_2}{4}\right)^2$ donde $\gamma_1 = \left[1 + \pi^2 E_2(0.5b_2 h_2)\left(\frac{s_1}{2K_1}\right)\frac{1}{\ell^2}\right]^{-1}$
Sección armada (f) y (b) donde $E_1 = E_3$, $b_1 = (b_2 + b_3)$ y $h_1 = h_3$	$(EI)_{ef,z} = 2E_1\frac{h_1 b_1^3}{12} + 2E_2\frac{h_2(b_2/2)^3}{12} + 2\gamma_1 E_2\left(h_2\frac{b_2}{2}\right)\left(\frac{b_1}{2} - \frac{b_2}{4}\right)^2$ donde $\gamma_1 = \left[1 + \pi^2 E_2\left(h_2\frac{b_2}{2}\right)\left(\frac{s_1}{2K_1}\right)\left(\frac{1}{\ell^2}\right)\right]^{-1}$

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

$$\lambda_{ef} = \frac{l}{\sqrt{\frac{(EI)_{ef}}{\sum_{i=1}^{n} E_i A_i}}} \tag{10.8}$$

Donde habrá un valor para λ_{ef}, respecto al eje *y-y* y el eje *z-z*, y el valor de la rigidez efectiva a la flexión, $(EI)_{ef}$, para cada eje se determinará de acuerdo a los requerimientos 10.4.1 y 10.4.2.

En el EC5, para simplificar el procedimiento de diseño la rigidez axial efectiva de la sección armada como se da en la sección (10.5) se remplaza por una rigidez axial basada en el valor promedio E de los miembros que constituyen la sección, E_{medio}, como sigue:

$$\sum_{i=1}^{n} E_i A_i \rightarrow E_{medio} A_{tot} \tag{10.9}$$

Donde $E_{medio} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} E_i$ y n representa el número de miembros en la sección. Esta es una aproximación que se considera aceptable, y luego de sustituir en la ecuación (10.8), la relación de esbeltez efectiva de cada elemento en la sección armada se convierte en:

$$\lambda_{ef} = \frac{l}{\sqrt{\frac{(EI)_{ef}}{(E_{medio} A_{tot})}}} \tag{10.10}$$

De acuerdo con la aproximación dada en el Capítulo 7 para el diseño de miembros de columnas aisladas cargadas axialmente, la relación de esbeltez relativa para el miembro i en la sección armada, $\lambda_{rel,i}$, será:

$$\lambda_{rel,i} = \frac{\lambda_{ef}}{\pi}\sqrt{\frac{f_{c,0,k,i}}{E_i}} \tag{10.11}$$

donde $f_{c,0,k,i}$ es la resistencia característica a compresión del miembro i cargado paralelo al grano. En el EC5 las curvas de pandeo en donde se deriva el factor de inestabilidad para cada eje a flexión se relacionan por resistencia, basado en el valor del quinto percentil del módulo de elasticidad, $E_{0.05,i}$, y para secciones armadas el requerimiento es que el valor del quinto percentil sea usado, de tal manera que la ecuación (10.11) se convierte en:

$$\lambda_{rel,i} = \frac{\lambda_{ef}}{\pi}\sqrt{\frac{f_{c,0,k,i}}{E_{0.05,i}}} \tag{10.12}$$

Los factores k_c de estabilidad ($k_{c,y}$ y $k_{c,z}$), referidos al Capítulo 7 para el diseño de miembros de columnas, se pueden derivar para cada miembro en la sección de acuerdo a los procedimientos en 7.3.1.

Debido a la rotación del miembro bajo carga axial, una componente de fuerza cortante, V_d, se generará en paralelo a la interface entre miembros de la sección armada. Donde la sección armada se une por medio de conectores, los conectores deben resistir esta fuerza y si está adherida por pegamento se debe chequear que soporte el esfuerzo cortante entre caras.

Donde se usan conectores, la fuerza cortante, F_i, que absorbe cada conector junto a la interface será función de V_d, y se obtiene de las ecuaciones (B.10) y (C.5) en el EC5 como sigue:

$$F_i = \frac{\gamma_i E_i A_i a_i s_i}{(EI)_{ef}} V_d \tag{10.13}$$

(EC5, Ecuación (B.10))

Donde $V_d$se obtiene desde:

$$V_{\mathrm{d}} = \left\{ \begin{array}{ll} \dfrac{F_{\mathrm{c,d}}}{120 k_{\mathrm{c}}} & \text{for} \quad \lambda_{\mathrm{ef}} < 30 \\ \dfrac{F_{\mathrm{c,d}} \lambda_{\mathrm{ef}}}{3600 k_{\mathrm{c}}} & \text{for} \quad 30 \leq \lambda_{\mathrm{ef}} < 60 \\ \dfrac{F_{\mathrm{c,d}}}{60 k_{\mathrm{c}}} & \text{for} \quad \lambda_{\mathrm{ef}} \geq 60 \end{array} \right\} \tag{10.14}$$

(EC5, Ecuación (C.5))

$F_{c,d}$ es la carga axial en la columna. Las otras funciones son como se describen en el texto.

Donde la columna armada se ensambla usando juntas con pegamento, el esfuerzo cortante longitudinal en las caras pegadas del miembro se debe chequear usando la teoría elástica convencional y la fuerza cortante en la sección debe ser tomada como V_d. Como se describe en 6.5.2, la resistencia a cortante del miembro dependerá de la dirección de la fuerza cortante relativa a la veta en cada elemento.

10.4.3.1 Criterio de Diseño de secciones armadas. Para secciones armadas, los criterios de diseño que debe cumplirse con los requerimientos del EC5 son como sigue:

(a) Donde $\lambda_{rel,y}$ y $\lambda_{rel,z} \leq 0.3$.

Bajo esta condición la sección armada no se pandeará, pero fallará en la resistencia a compresión de los miembros armados.

$$\sigma_{c,0,d,i} \leq f_{c,0,d,i} \tag{10.15}$$

donde:

- $\sigma_{c,0,d,i}$ es el esfuerzo a compresión de diseño paralelo al grano en el miembro i y :

$$\sigma_{c,0,d,i} = \frac{E_i F_{c,d}}{\sum_{i=1}^{n} E_i A_i} \tag{10.16}$$

donde $F_{c,d}$es la carga axial en la columna, E_i es el valor promedio del módulo de elasticidad paralelo al grano del miembro i, y A_i es el área de la sección transversal del miembro i.

- $f_{c,0,d,i}$ es la resistencia a compresión de diseño paralelo al grano en el miembro i y :

$$f_{c,0,d,i} = \frac{k_{mod,i} * k_{sis} * f_{c,0,k,i}}{\gamma_{M,i}} \tag{10.17}$$

donde:

  - $k_{mod,i}$ es el factor de modificación para el miembro i para una duración de carga y clases de servicio dadas en la Tabla 12.

- k_{sis} es el factor de resistencia del sistema discutido en la sección 5.3.7. Donde se trata con miembros de columnas singulares, este factor no es relevante y será tomado para ser la unidad.
- $f_{c,0,k,i}$ es la resistencia a compresión característica del miembro i paralelo al grano. La información de resistencia para la madera y productos estructurales de madera dados en el Capítulo 4.

(b) Donde ni $\lambda_{rel,y}$ ni $\lambda_{rel,z}$ es > 0.3.

Si alguno $\lambda_{rel,y}$ o $\lambda_{rel,z}$ es > 0.3, el miembro puede pandearse y el requerimiento de diseño será como sigue:

(i) $\lambda_{rel,z} > 0.3$ *y la sección armada no es simétrica respecto al eje y-y.* Para las secciones que no son simétricas respecto al eje *y-y* (debido a la geometría o combinación de materiales), la carga axial en la columna, $F_{c,d}$, debe ser menor o igual que la sumatoria de la capacidad de soportar carga de los miembros individuales de la sección armada flexionada respecto al eje neutro del miembro paralelo al eje z-z de la sección armada.

(ii) $\lambda_{rel,z} > 0.3$ *y la sección armada es simétrica respecto al eje y-y*. Bajo esta condición, la sección armada se pandeará como una sección compuesta y:

$$\sigma_{c,0,d,i} \leq k_{c,z,i} f_{c,0,d,i} \tag{10.18}$$

donde:

- $\sigma_{c,0,d,i}$ es el esfuerzo axial en el miembro i como se definió en la ecuación (10.16).
- $k_{c,z,i}$ es el factor de inestabilidad del miembro i y se determina desde la aplicación de las ecuaciones (7.4b), (7.5b) y (7.6), con la relación de esbeltez relativa, $\lambda_{rel,z,i}$, siendo:

$$\lambda_{rel,z,i} = \frac{\lambda_{ef,z}}{\pi}\sqrt{\frac{f_{c,0,k,i}}{E_{0.05,i}}}$$

(como la ecuación (10.12))

donde $f_{c,0,k,i}$ y $E_{0.05,i}$ se definen previamente y $\lambda_{ef,z}$ es la relación de esbeltez del miembro respecto al eje z-z, obtenido desde:

$$\lambda_{ef,z} = \frac{l}{\sqrt{\frac{(EI)_{ef,z}}{(E_{medio}A_{tot})}}}$$

donde los símbolos son definidos en la ecuación (10.10) y $(EI)_{ef,z}$ es la rigidez efectiva a la flexión respecto al eje *z-z*.

Donde se utilizan conectores, el diseño de los conectores debe cumplir con los requerimientos de las ecuaciones (10.13) y (10.14).

(iii) $\lambda_{rel,y} > 0.3$. Para esta condición, la sección debe ser simétrica respecto al eje *z-z*, y la condición de diseño será:

$$\sigma_{c,0,d,i} \leq k_{c,y,i} f_{c,0,d,i} \qquad (10.19)$$

donde:

- $\sigma_{c,0,d,i}$ es el esfuerzo axial en el miembro i como se definió en la ecuación (10.16).
- $k_{c,y,i}$ es el factor de inestabilidad del miembro i y se determina desde la aplicación de las ecuaciones (7.4a), (7.5a) y (7.6), con la relación de esbeltez relativa, $\lambda_{rel,y,i}$, siendo:

$$\lambda_{rel,y,i} = \frac{\lambda_{ef,y}}{\pi}\sqrt{\frac{f_{c,0,k,i}}{E_{0.05,i}}}$$

(como la ecuación (10.12))

donde $f_{c,0,k,i}$ y$E_{0.05,i}$ se definen previamente y $\lambda_{ef,y}$ es la relación de esbeltez del miembro respecto al eje y-y, obtenido desde:

$$\lambda_{ef,z} = \frac{l}{\sqrt{\frac{(EI)_{ef,y}}{(E_{medio}A_{tot})}}}$$

donde los símbolos son definidos en la ecuación (10.10) y $(EI)_{ef,y}$ es la rigidez efectiva a la flexión respecto al eje *y-y*.

El diseño de los conectores debe cumplir con los requerimientos de las ecuaciones (10.13) y (10.14) (ecuaciones (B.10) y (C.5) del EC5).

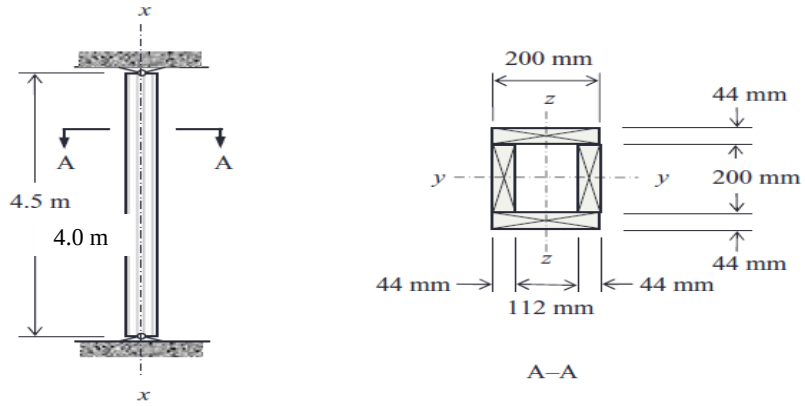
(c) Donde, en adición a la carga axial, surgirán momentos pequeños debido al peso propio.

Ejemplo 10.1 Las secciones mostradas en la Figura 81, está conformada por secciones sólidas de 200 mm por 44 mm de clase de resistencia de madera C16, funciones bajo las condiciones de la clase de servicio 2, y soporta una carga a compresión axialmente según se muestra. La columna es de 4.00 m de altura, y está simplemente soportada en ambos extremos.

La carga axial se aplica en el eje centroidal
La carga permanente característica es 45 kN
La carga variable característica (término medio) es 75 kN

Obtenga sus propiedades según su clase de resistencia, inercias respecto a sus ejes, relación de esbeltez de la sección compuesta, factores parciales y de modificación.

Figura 81. Elevación de la columna armada



Fuente: Elaboración Propia, 2011

1. **Propiedades geométricas de la columna**

Longitud de la columna, L $L = 4.0\ m$

Longitud efectiva respecto al eje *y-y*, $L_{c,y} L_{e,y} = 1.0 * L$ i.e. $L_{e,y} = 4.0\ m$

Longitud efectiva respecto al eje *z-z*, $L_{c,z}\ L_{e,z} = 1.0 * L$ i.e. $L_{e,z} = 4.0\ m$

Adoptando los símbolos usados para el perfil (f) en la Figura 80

Ancho de la sección maciza 1, b_1 mm $b_1 = 200$ mm

Espesor de la sección maciza 1, h_1 mm $h_1 = 44$ mm

Espesor de la sección maciza 2, h_2 mm $h_2 = 200$ mm

Ancho combinado de la sección maciza 2, b_2 m $b_2 = 88$ mm

Área se sección transversal, A_{tot} $A_{tot} = 2\left(b_1 h_1 + h_2 \frac{b_2}{2}\right)$ $A_{tot} = 3.52 \times 10^4$ mm^2

Segundo momento del área respecto al eje *z-z*, I_z (Tabla 44)

Tomando un factor de eficiencia de conexión = 1

$$I_z = \frac{2h_1 \cdot b_1^3}{12} + \frac{2 \cdot h_2 \cdot \left(\frac{b_2}{2}\right)^3}{12} + 2h_2 \cdot \frac{b_2}{2} \cdot \left(\frac{b_1}{2} - \frac{b_2}{4}\right)^2 \qquad I_z = 1.69 \times 10^8\ \text{mm}^4$$

Radio de giro respecto al eje *z-z*, $i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A_{tot}}}$ $i_z = 69.21$ mm

Relación de esbeltez respecto al eje *z-z*, $\lambda_z = \frac{L_{e,z}}{i_z}$ $\lambda_z = 57.80$

Segundo momento del área respecto al eje *y-y*, I_y (Tabla 44)

Tomando un factor de eficiencia de conexión = 1

$$I_y = \frac{2 \cdot b_1 \cdot h_1^3}{12} + \frac{b_2 \cdot h_2^3}{12} + 2b_1 \cdot h_1 \cdot \left(\frac{h_2}{2} + \frac{h_1}{2}\right)^2 \qquad I_y = 3.23 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

Radio de giro respecto al eje *y-y*, $i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_{tot}}} i_y$ = 95.86 mm

Relación de esbeltez respecto al eje *y-y*, $\lambda_y = \frac{L_{e,y}}{i_y}$ λ_y = 41.72

2. **Propiedades de la Madera**

Tabla 3, clase de resistencia C16

Resistencia a compresión paralelo a la veta, $f_{c,0,k}$ $f_{c,0,k} = 17\ N/mm^2$

Módulo de elasticidad del percentil-quinto paralelo a la veta, $E_{0.05} = 5.4\ kN/mm^2$

10.4.4 Secciones armadas –columnas espaciadas. Una columna espaciada es una columna armada donde existen dos o más miembros idénticos separados y conectados por placas que están ya sea unidas con pegamento o por conectores mecánicos. Éstas son usadas en aplicaciones arquitectónicas, en armaduras como los cordones a compresión y en perfiles de construcción.

Debido a la geometría de su sección transversal, una columna espaciada tendrá una capacidad de carga superior que un miembro de madera simple de un volumen equivalente, y aparte de ser económico, estas proveen una construcción confortable comparada con otros miembros como los arriostramientos, vigas o armaduras, los cuales pueden ser insertados y conectados convenientemente, según se muestra en la Figura 82.

Figura 82. Construcción utilizando vigas insertadas entre columnas espaciadas.

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

No existirá deslizamiento o rotación relativa donde se use pegamento entre las uniones entre las placas de conexión y los mástiles. Cuando se utilizan conectores mecánicos, ocurrirá el

deslizamiento y el efecto de esto en el comportamiento de la acción compuesta debe considerarse. Se muestran ejemplos de columnas espaciadas en la Figura 83.

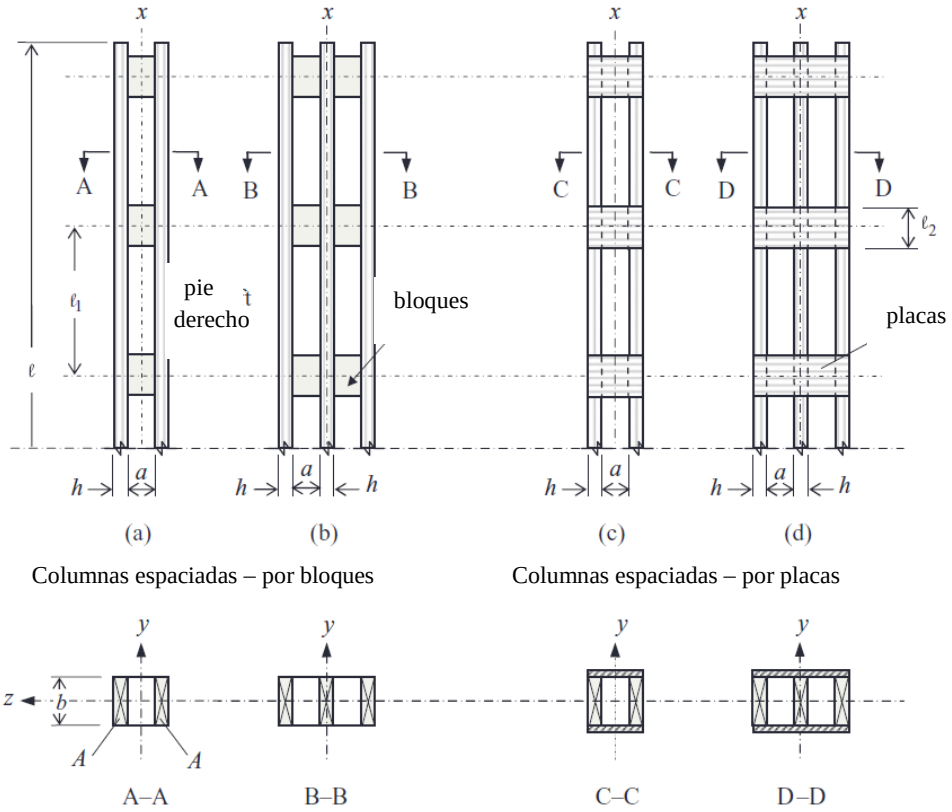
Las condiciones impuestas por el EC5 para el diseño de columnas espaciadas con placas de conexión fijados por goma o conectores mecánicos se resumen como sigue:

- Las columnas están sujetas a carga axial a través del centro de gravedad de la columna espaciada.
- Los mástiles deben ser paralelos entre ellos.
- La sección transversal de la columna espaciada debe ser compuesta de dos, tres o cuatro mástiles idénticos.
- Las secciones transversales de la columna espaciada debe ser simétrica respecto al eje *y-y* y al eje *z-z*.
- $a \leq 3h$ si el paquete espaciado se usa y $a \leq 6h$ si se usan placas de conexión, donde a es la distancia libre entre másitiles y h es el espesor del mástil.
- Las juntas, y placas de conexión, son diseñadas de acuerdo con los requerimientos de la cláusula C.2.2 en el EC5 (ecuaciones (10.13) y (10.14)).
- La longitud del paquete, l_2, debe ser igual o mayor que 1.5 a.
- Como mínimo, debe haber cuatro clavos o dos pernos con conectores en cada plano cortante. Cuando se usan clavos, debe haber por lo menos cuatro clavos por fila en cada extremo en la dirección del eje *x-x* de la columna.
- La longitud de la placa de conexión, l_2 debe ser igual o mayor que $2a$.

10.4.4.1 Procedimiento de diseño para columnas espaciadas. Cuando se considera el comportamiento de pandeo en las columnas espaciadas mostradas en la Figura 83 respecto al eje z-z (es decir, la deflexión es en la dirección del eje y-y), los mástiles se comportan como elementos individuales y la resistencia de la columna será la sumatoria de las resistencias de cada mástil respecto al eje z-z.

Para el pandeo respecto al eje *y-y* (es decir, la deflexión es en la dirección del eje *z-z*), de la fuerza de corte en cada mástil así como la deformación cortante en la placa de conexión causan desplazamiento flexionante adicional en los mástiles y la reducción de resistencia que surge de este efecto se debe considerar en el diseño.

Figura 83. Columnas espaciadas



Fuente: Porteus & Kermani, 2007

Esto se logra en el EC5 utilizando una relación de esbeltez efectiva, λ_{ef}, la cual se basa en la interacción de una sección de columna espaciada esbelta (asumiendo que funciona de una manera compuesta) y la esbeltez de los mástiles individuales ajustados se debe considerar la rigidez de conexión de mástil/placa de conexión como se sigue:

$$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda^2 + \eta \frac{n}{2} \lambda_1^2} \tag{10.20}$$

(EC5, Ecuación (C.10))

donde:

- λ es la relación de esbeltez de la columna sólida que cuenta con la misma longitud que la columna espaciada, la misma área de sección transversal ($A_{tot} = nA$, donde A es el área sección transversal del mástil, bh, y n es el número de mástiles), y la misma segunda área de momento respecto al eje y-y, I_{tot}, es decir:

$$\lambda = l\sqrt{A_{tot}/I_{tot}} \tag{10.21}$$

(EC5, ecuación (C.11))

y, para las secciones mostradas en la Figura 83,

$$I_{tot} = \frac{bh^3}{6} + 2bh\left(\frac{a+h}{2}\right)^2 \quad (10.22)$$

para secciones A-A, y C-C

$$I_{tot} = \frac{bh^3}{4} + 2bh(a+h)^2 \quad (10.23)$$

para secciones B-B, y D-D

- $\lambda_1$es la relación de esbeltez de cada mástil, basado en la longitud del mástil con la mayor distancia entre la posición adyacente a la placa de conexión:

  $$\lambda_1 = \sqrt{12}\frac{l_1}{h} \text{y debe ser} \geq 300 \quad (10.24)$$

  (EC5, ecuación (C.12))

  Si el valor obtenido es menor que 30, se debe usar el valor de 30 como mínimo en la ecuación (10.20).
- n es el número de mástiles en la columna espaciada.
- η es un factor de conexión para el cual los valores se dan en la Tabla 45. El factor es dependiente cuando se usan placas de conexión, ya sea cuando son pegados o unidos por conectores mecánicos, y bajo una duración de carga. Mientras más rígida sea la conexión, menor será el valor de factor.

Tabla 45. Factor de conexión η*

Bloques	Placas de Conexión				
	Pegados	Clavados	Pernos (con conectores)	Pegados	Clavados
Permanente/larga duración de carga	1	4	3.5	3	6
Mediana/corta duración de carga	1	3	2.5	2	4.5

*Basada en la Tabla C.1 en el EC5.

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

La capacidad de soportar carga de la columna espaciada se derivará usando la mayor relación de esbeltez de la columna respecto al eje *y-y* y *z-z* y para esta condición se debe verificar que:

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_c f_{c,0,d} \quad (10.25)$$

donde:

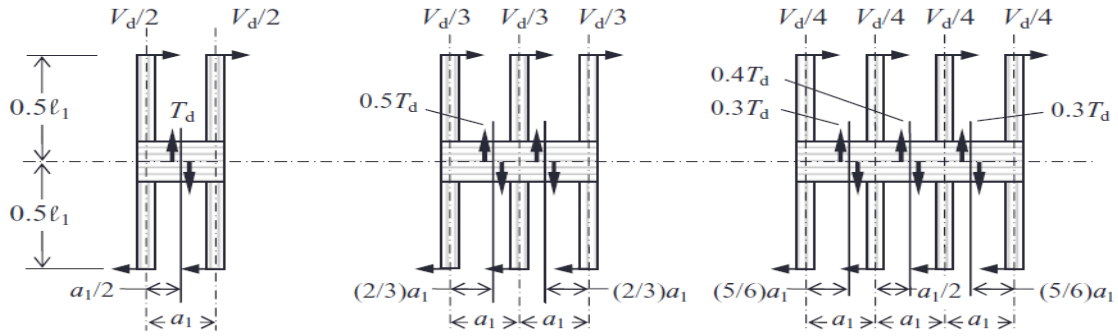
- $f_{c,0,d}$ es la resistencia a compresión de diseño paralelo al grano, y:
- $\sigma_{c,0,d}$ es el esfuerzo directo en la columna, es decir:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{c,d}}{A_{tot}}$$

- Donde $F_{c,d}$ es el valor de diseño de la carga axial actuando sobre la columna espaciada y A_{tot} es el área de sección trasversal.

  k_c es el factor de inestabilidad asociado con el eje crítico (es decir, el eje que cuenta con la mayor relación de esbeltez) y se determina de acuerdo con 7.3.1.

Figura 84. Distribución de fuerza cortante y cargas en bloques y placas de conexión.



Fuente: Porteus & Kermani, 2007

Agregando al chequeo de la resistencia de los mástiles, la resistencia de los paquetes, placas de conexión y conectores mecánicos también se debe chequear. Las fuerzas cortantes en los paquetes o placas de conexión son derivadas asumiendo un comportamiento de cuerpo rígido y se muestran en la Figura 84.

De estadística básica, el valor de la fuerza cortante T_d mostrado en la Figura 84 es:

$$T_d = \frac{V_d l_1}{a_1} \tag{10.26}$$

(EC5, ecuación (C.13))

Donde a_1 es la distancia entre los centros de los mástiles adyacentes y V_d se obtiene de la ecuación (10.27),

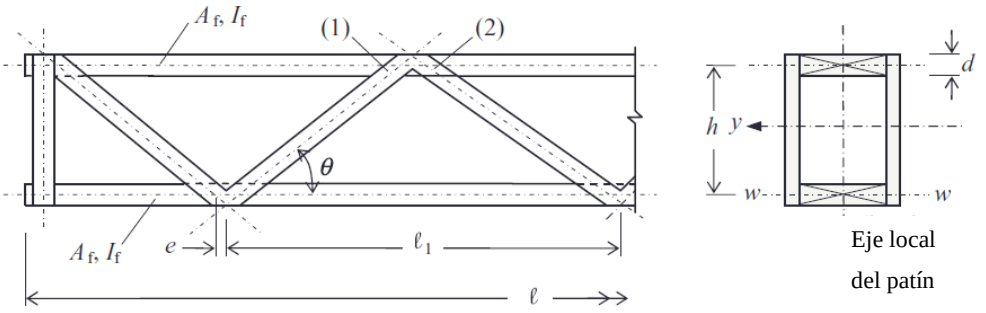
$$V_{\mathrm{d}} = \begin{Bmatrix} \dfrac{F_{\mathrm{c,d}}}{120k_{\mathrm{c}}} & \text{for} \quad \lambda_{\mathrm{ef}} < 30 \\ \dfrac{F_{\mathrm{c,d}}\lambda_{\mathrm{ef}}}{3600k_{\mathrm{c}}} & \text{for} \quad 30 \le \lambda_{\mathrm{ef}} < 60 \\ \dfrac{F_{\mathrm{c,d}}}{60k_{\mathrm{c}}} & \text{for} \quad \lambda_{\mathrm{ef}} \ge 60 \end{Bmatrix} \tag{10.27}$$

(EC5, ecuación (C.5))

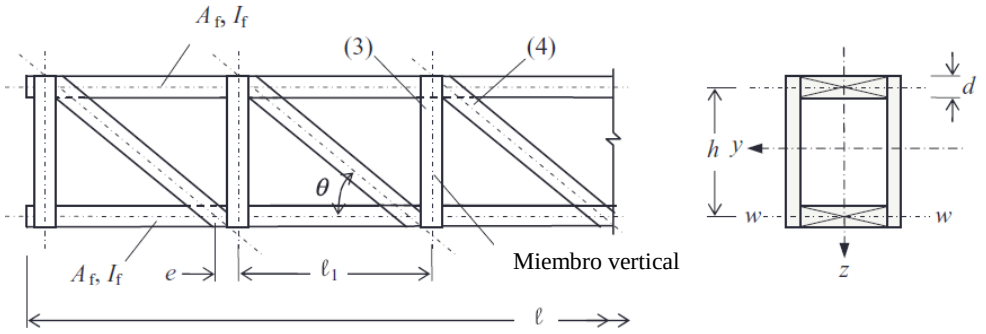
Donde los símbolos se definen previamente y $F_{c,d}$ es la carga axial de diseño en la columna espaciada, k_c es el factor de inestabilidad asociado al pandeo respecto al eje *y-y*, determinado de acuerdo la sección 73.1, y λ_{ef} es la relación de esbeltez efectiva definida en la ecuación (10.20).

La placa de conexión y sus conectores en los mástiles deben ser diseñados para efectos de la fuerza cortante mostrada en la Figura 84. El momento en la conexión en el mástil se obtiene multiplicando la fuerza cortante en la placa de conexión por la distancia a la cara del mástil donde los paquetes son usados o la distancia a la línea central del mástil cuando se usan placas de conexión.

Figura 85. Columnas en celosía



(a) Armadura en V



(b) Armadura en N

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

Ejemplo 10.2 Utilice el caso del Ejemplo 10.1 como referencia y chequee que la sección cumpla con los requerimientos de resistencia del EC5 en el estado límite último (ELU).

1. **Factores de seguridad parciales**

   Tabla 16 para el ELS

   Acciones permanentes, γ_G $\gamma_G = 1.35$

Acciones variables, γ_Q $\gamma_Q = 1.5$

Tabla 14

Factor del material para madera maciza, γ_M $\gamma_M = 1.3$

2. Factores de modificación

Factor para carga de mediana duración

y clase de servicio 2, $k_{mod,med}$ $k_{mod,med} = 0.8$

(Tabla12 (EC5, *Tabla 3.1*))

Factor de resistencia del sistema, k_{sis} no relevante $k_{sis} = 1.0$

3. Acciones

Acción permanente característica, G_M G_k=45 *kN*

Acción variable característica, Q_k $Q_k = 75\ kN$

Carga de diseño a compresión para

la combinación de carga crítica, N_d, $N_d = Y_G \cdot G_k + Y_Q \cdot Q_k N_d = 1.73 \times 10^5 N$

(Tabla 16, ecuación (c) utilizando condiciones desfavorables)

4. **Resistencia a la compresión de la columna**

El caso de carga crítica de diseño para el ELU será seleccionado debido a la combinación de cargas permanentes y cargas de mediana duración desfavorables:

Esfuerzo de compresión de diseño

paralelo a las vetas, $\sigma_{c.0.d}\sigma_{c.0.d} = \frac{\mathbf{N_d}}{\mathbf{A}_{tot}}$ $\sigma_{c.0.d} = 4.92\ \mathrm{N/mm^2}$

Resistencia a la compresión $f_{c.0.d} = \frac{k_{mod.med} \cdot k_{sis} \cdot k_h \cdot f_{c.0.k}}{\gamma_M} f_{c.0.d} = 10.46\ \mathrm{N/mm^2}$

de diseño paralela a las vetas, $f_{c,\,0.\,d}$

Condición de Resistencia al pandeo de una columna (7.3.1 (EC5, 6.*3.2*))

Relación de esbeltez respecto al eje z–z:

(ecuación (10.12); EC5, ecuación *(6.22)*)$\lambda_{rel.z} = \frac{\lambda_z}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} \lambda_{rel.z} = 1.03$

Como la relación de esbeltez es mayor que 0.3, las condiciones del 7.3.1(b) (EC5, *6.3.2(3)*) aplican.

Factor βc para madera maciza

(ecuación (7.6); EC5, *ecuación (6.29)*) $\beta_c = 0.2$

Factor de inestabilidad, k_z

(ecuación (7.5b); EC5, *ecuación (6.28)*)

$$k_z = 0.5 * \left[1 + \beta_c * (\lambda_{rel.z} - 0.3) + \lambda_{rel.z}^2\right] k_z = 1.11$$

Factor de inestabilidad, $k_{c.z}$

(ecuación (7.4b); EC5, *ecuación 6.26)*) $k_{c.z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel.z}^2}} k_{c.z} = 0.66$

Condición del factor de inestabilidad

(ecuación (10.18); EC5, *ecuación (6.23)*

– con esfuerzos de pandeo iguales a cero) $\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.z} * f_{c.0.d}} = 0.71$

La relación es menor que 1; por ello la sección armada de resistencia clase C16 es satisfactoria. (Una verificación en las conexiones pegadas demostrará también que el esfuerzo cortante es aceptable.)

10.4.5 Secciones armadas –columnas en celosía. Una columna en celosía es una columna armada donde dos miembros idénticos separados y conectados por miembros en celosía N o V fijados a los miembros por pegamento o uniones clavadas. Se muestran ejemplos de columnas en celosía pegadas con configuraciones N y V en la Figura 85.

Estas condiciones impuestas por el EC5 para el diseño de columnas en celosía se dan en el EC5, cláusula C.4.1, Anexo C, y son mostradas como siguen:

- La estructura debe ser simétrica respecto al eje *y-y* y eje *z-z*.
- La celosía en cada lado de la columna en celosía debe alternarse entre cada una por una longitud de $l_2/2$, donde l_1 es la distancia entre nodos adyacentes.
- Debe haber por lo mendo tres bahías de columnas en celosía en la columna, es decir $l = 3\ l_1$.
- Cuando se clavan a los patines los miembros de celosía, debe haber por lo menos cuatro clavos por plano cortante en cada diagonal en cada punto nodal de conexión.
- Cada extremo de la estructura de columna en celosía debe arriostrarse, es decir, se debe asegurar lateralmente en posición.
- Para patines entre nodos de conexión adyacentes (es decir, longitud l_1 en la Figura 85), la relación de esbeltez no debe superar 60.
- El pandeo en los patines correspondiente a la longitud de la columna l_1 no debe ocurrir.
- El número de clavos en la conexión entre el pie derecho (de una armadura N, mostrada en la Figura 85 inciso (b), posición (3)), y el patín debe ser mayor que $n sen\,\theta$, donde n es el número de clavos en la conexión diagonal adyacente (Figura 85, posición (4)) y θ es el ángulo de inclinación de la diagonal.

10.4.5.1 Procedimiento de diseño para columnas en celosía. Cuando las estructuras de columnas en celosía que se muestran en la Figura 85 se pandean respecto al eje z-z, (es decir, se deflecta en la dirección del eje y-y), los patines se comportan como elementos individuales y la resistencia de la columna será la sumatoria de la resistencia de los patines respecto al eje z-z.

Cuando el pandeo ocurre respecto al eje *y-y* (es decir, la deflexión es en la dirección del eje *z-z*), las fuerzas en los miembros de la celosía se dirigen hacia un desplazamiento lateral en los patines y la reducción en la resistencia causada por esto se debe considerar en el procedimiento de diseño. Como en las columnas espaciadas, esto se logra en el EC5 utilizando una relación de esbeltez efectiva, λ_{ef}, derivada de:

$$\lambda_{ef} = \begin{Bmatrix} \lambda_{tot}\sqrt{1+\mu} \\ 1.05\lambda_{tot} \end{Bmatrix} \tag{10.28}$$

(EC5, ecuación (C.14))

donde:

- λ_{tot} es la relación de esbeltez para una columna sólida teniendo la misma longitud que la columna en celosía la misma área de sección transversal ($A_{tot} = \sum_1^n A_f$, donde A_f es el área de la sección transversal de cada patín, bd), y la misma segunda área de momento I_{tot}, de manera que $I_{tot} = \left(A_f/2\right)\left((d^2/3) + h^2\right)$. Basado en esto:

$$\lambda_{tot} = \frac{2l}{\sqrt{h^2+\frac{d^2}{3}}} \tag{10.29}$$

  Para las secciones de columna más prácticas, $d^2/3$ es mucho más pequeño que h^2 y en el EC5 se ignora, dando

$$\lambda_{tot} = \frac{2l}{h} \tag{10.30}$$

(EC5, ecuación (C.15))

- μ es un factor que considera la rigidez de la conexión:
  (a) Para juntas pegadas μ será como sigue:
    (i) Armadura en V:

$$\mu = 4\frac{e^2 A_f}{I_f}\left(\frac{h}{l}\right)^2 \tag{10.31}$$

(EC5, ecuación (C.16))

(ii) Armadura en N:

$$\mu = \frac{e^2 A_f}{I_f}\left(\frac{h}{l}\right)^2 \tag{10.32}$$

(EC5, ecuación (C.17))

Donde e es la excentricidad del miembro arriostrado en los nodos – como se muestra en la Figura 85, A_f es el área del patín, I_f es la segunda área de momento del patín respecto a su propio eje $(w-w)$, l es la altura de la columna en celosía, y h es la distancia entre las líneas de centro de los patines.

(b) Para juntas clavadas μ será como sigue:

(i) Armadura en V:

$$\mu = 25\frac{hE_{medio}A_f}{l^2 n K_u \sin 2\theta} \tag{10.33}$$

(EC5, ecuación (C.18))

(ii) Armadura en N:

$$\mu = 50\frac{hE_{medio}A_f}{l^2 n K_u \sin 2\theta} \tag{10.34}$$

(EC5, ecuación (C.19))

Donde e es la excentricidad del miembro arriostrado en los nodos – como se muestra en la Figura 85, A_f es el área del patín, l es la altura de la columna en celosía, y h es la distancia entre las líneas de centro de los patines y:

- n es el número de clavos en diagonal – si una diagonal consiste de dos o más piezas, n se debe tomar como el número de clavos, no el número de clavos por plano cortante;
- E_{medio} es el valor medio del módulo de elasticidad de la madera;
- K_u es el módulo de deslizamiento de estado límite último ELU de un clavo.

La capacidad de soportar carga de una columna en celosía se derivará usando la relación de esbeltez mayor de la columna respecto a sus ejes *y-y* y *z-z*, y para esta condición se debe verificar que la ecuación (10.25) se cumpla. También, para cumplir con los requerimientos del EC5 no debe ocurrir el pandeo en los patines correspondientes a la columna de longitud l_1, usando los procedimientos descritos en 7.3.1 para columnas cargadas axialmente se debe mostrar que la resistencia de cada patín entre conexiones nodales adyacentes excederá el 50% de la resistencia de la columna de celosía. Los miembros de arriostramiento y sus conexiones con los mástiles deben diseñarse para efectos de fuerza cortante V_d derivado de las ecuaciones dadas en el EC5, (C2.2), es decir

$$V_{\mathrm{d}} = \left\{ \begin{array}{ll} \dfrac{F_{\mathrm{c,d}}}{120k_{\mathrm{c}}} & \text{for } \lambda_{\mathrm{ef}} < 30 \\ \dfrac{F_{\mathrm{c,d}}\lambda_{\mathrm{ef}}}{3600k_{\mathrm{c}}} & \text{for } 30 \le \lambda_{\mathrm{ef}} < 60 \\ \dfrac{F_{\mathrm{c,d}}}{60k_{\mathrm{c}}} & \text{for } \lambda_{\mathrm{ef}} \ge 60 \end{array} \right\} \quad (10.35)$$

(EC5, Ecuación (C.5))

donde los símbolos se definen previamente, y $F_{c,d}$ es el valor de diseño de la carga axial actuando sobre el centro de gravedad de la columna de celosía, y λ_{ef} es la relación de esbeltez efectiva definida en la ecuación (10.28).

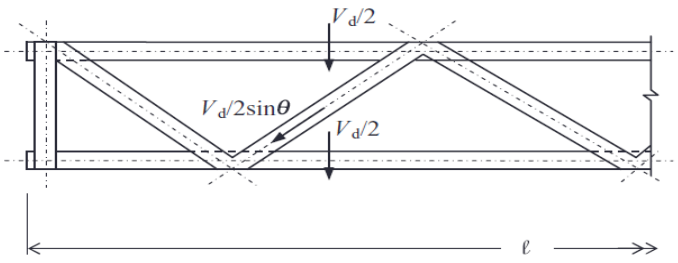
La fuerza cortante de arriba la debe tomar los miembros de arriostramiento y sus conexiones como se muestran en la Figura 86. Las fuerzas en el arriostre pueden ser de tensión o compresión, y los miembros y conexiones deben diseñarse para la condición más crítica de diseño.

La fuerza de diseño en los miembros de arriostramiento y en sus conexiones será:

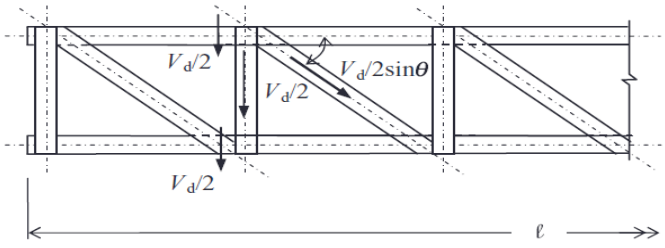
Arriostre horizontal $\frac{V_d}{2}$ (10.36)

Arriostre diagonal $\frac{V_d}{2\sin\theta}$ (10.37)

Figura 86. Fuerzas de corte y arriostramiento



(a) Armadura en V



(b) Armadura en N

Fuente: Porteus & Kermani, 2007

10.5 Carga axial y momento combinados

Si una columna armada está unida por pegamento o por conectores mecánicos, el procedimiento de diseño es únicamente aplicable donde la columna está sujeta a carga axial actuando sobre el centro de gravedad de la sección armada y para el caso donde existen momentos pequeños (e.g. debido al peso propio) adicional a la carga axial.

Bajo estas condiciones, los requerimientos de diseño para columnas armadas son las mismas que para las secciones sólidas detalladas en el 7.4.1 (b). Debido a que en esta condición se permite un momento pequeño, el efecto de pandeo lateral torsional puede ignorarse y bajo la premisa de que ambos λ_{ef} y λ_z resultará en una relación de esbeltez relativa excediendo 0.3, las ecuaciones de resistencia que deben cumplirse son:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \tag{10.38}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \tag{10.39}$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} \tag{10.40}$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} \tag{10.41}$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_{ef}}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0.05}}} \text{ y } \lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0.05}}} \tag{10.42}$$

donde k_z se obtiene de la ecuación (7.5b); $f_{c,0,d}$ es la resistencia a compresión de diseño paralelo al grano; $\sigma_{c,0,d}$ es el esfuerzo directo en la columna; las funciones de flexión se definen en el Capítulo 7.

10.6. Efecto del flujo plástico al estado límite último ELU

Donde los miembros a compresión de una columna armada tienen diferentes valores para el módulo de elasticidad, y/o las juntas en la columna están hechas usando conectores en lugar de pegamento, debido al comportamiento de flujo plástico (creep en inglés) los esfuerzos de compresión en los elementos de la columna armada cambiarán con la duración de la carga y cambie el contenido de humedad. Bajo estas condiciones, se requiere por la cláusula 2.2.2 en el

EC5 que cuando se considere un análisis lineal de primer orden, se debe considerar el efecto del flujo plástico. El procedimiento de análisis en el 10.4 se refiere a la derivación de los esfuerzos en la columna armada basada en las propiedades de rigidez derivadas usando el valor medio del módulo de elasticidad de los materiales y de los valores instantáneos del módulo de deslizamiento.

Cuando se considera el efecto de la redistribución de esfuerzos debido al comportamiento del flujo plástico, el EC5 requiere que los valores promedio finales de las propiedades de rigidez como se definen en 2.3.4.2(b) se usen. La aproximación da un valor aproximado al verdadero comportamiento de la columna y para esta condición el valor promedio final del módulo relevante es como sigue:

(a) Módulo de elasticidad:

$$E_{medio,fin} = \frac{E_{medio}}{1+\psi_2 k_{def}} \tag{10.43}$$

(EC5, ecuación (2.10))

donde:

- E_{medio} es el valor promedio del módulo de elasticidad del material;
- k_{def} es el factor de deformación por flujo plástico dado en la Tabla 18 (Tabla 3.2 del EC5) en una clase de servicio relevante en la que funcione el material.
- ψ_2 es el factor para un valor cuasi-permanente de la acción que causa el esfuerzo mayor en relación a la resistencia (ver Tabla 10). Si ésta es una acción permanente, el valor a utilizar será 1.

(b) Conectores mecánicos

$$K_{fin} = \frac{K_{ser}}{1+\psi_2 k_{def}} \tag{10.44}$$

(EC5, ecuación (2.12))

donde:

- K_{ser} es el módulo de deslizamiento del conector por plano cortante en el estado límite de servicio ELS.
- k_{def} es el factor de deformación por flujo plástico dado en la Tabla 18 (Tabla 3.2 del EC5) en una clase de servicio relevante en la que funcione el material.
- ψ_2 es el factor para un valor cuasi-permanente de la acción que causa el esfuerzo mayor en relación a la resistencia (ver Tabla 10). Si esta es una acción permanente, el valor a utilizar será 1.

Cuando se usan conectores para la conexión, como se menciona en 5.3.2, si la conexión está constituida de elementos con el mismo comportamiento de flujo plástico, el valor usado por k_{def} debe considerarse el doble del valor dado en la Tabla 18 y si la conexión comprende dos elementos da base de madera con diferente comportamiento de flujo plástico, $k_{def,1}$ y $k_{def,2}$, el valor será:

$$k_{def} = 2\sqrt{k_{def,1}k_{def,2}} \tag{10.45}$$

Basado en el factor de eficiencia de conexión de arriba, γ_1, referido a la ecuación (10.3) se convertirá en:

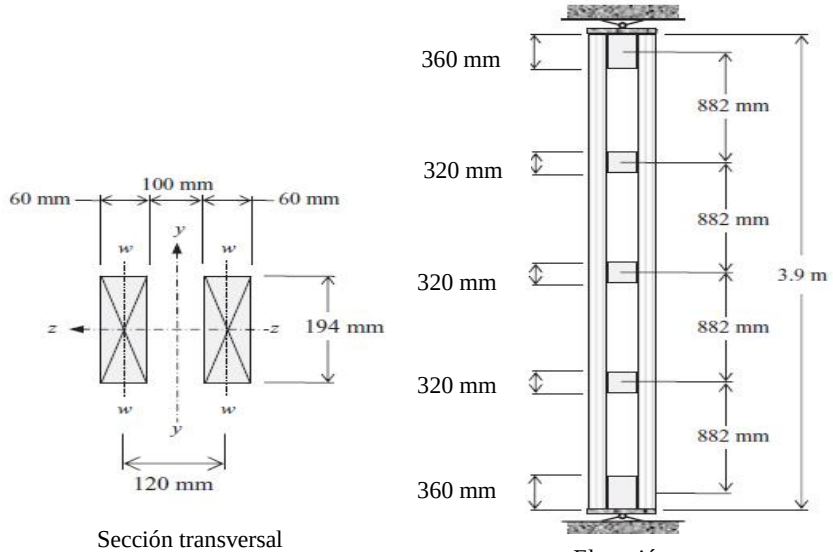
$$\gamma_i = \left(1 + \frac{\pi^2 E_i A_i a_i (1+2\psi_2 k_{def,conexión}) s_i}{(1+\psi_2 k_{def,i}) K_{ser} l^2}\right)^{-1} \tag{10.46}$$

donde:

- ψ_2 es el factor para un valor cuasi-permanente de la acción que causa el esfuerzo mayor en relación a la resistencia (ver Tabla 10). Si esta es una acción permanente, el valor a utilizar será 1;
- $k_{def,conexión,i}$ es el factor de deformación para el conector en la conexión i, y si la conexión comprende dos elementos a base de madera con diferente comportamiento de flujo plástico, $k_{def,1}$ y $k_{def,2}$, el valor será:
  $k_{def} = 2\sqrt{k_{def,1}k_{def,2}}$;
- $k_{def,i}$ es el factor de deformación por flujo plástico dado en la Tabla 18 (Tabla 3.2 del EC5) para el miembro i;
- K_{ser} es el módulo de deslizamiento para el conector siendo utilizado;

Ejemplo 10.3: Una columna espaciada pegada se fabrica a partir de dos ejes de igual sección transversal, 60 mm de espesor por 194 mm de profundidad, como se muestra en la Figura 87 La columna espaciada está articulada en cada extremo y se mantiene en su posición lateral en los sus extremos. Se fabrica a partir de madera de resistencia clase C22 del BS EN 338:2003 y funciona bajo condiciones de clase de servicio 1. Los bloques están pegados a los pies derechos, tienen la misma profundidad que cada eje y están alineados con sus vetas paralelas a las vetas de los pies derechos. Comprobar la adecuación de la columna espaciada para soportar una acción a compresión permanente característica combinada de 28 kN y una acción a compresión característica variable de mediana duración de 30 kN aplicada axialmente a través del centroide de la sección.

Figura 87. Dimensiones de columna armada



Sección transversal Elevación

Fuente: Elaboración propia, 2011

1. Propiedades geométricas de la columna

Longitud de la columna, L_c $L_c = 3.9\ m$

Número de pies derechos, n $n = 2$

Profundidad de cada pie derecho, b $b = 194\ mm$

Espesor de cada pie derecho, h $h = 60\ mm$

Espacio entre pie derecho, a $a = 100\ mm$

Distancia libre máxima permitida, $a_{EC5} = 3 * h$ $a_{EC5} = 180\ mm$

EC5, a_{EC5}

(10.4.4 (EC5, *C3.1*))

La distancia es aceptable si $\frac{a}{a_{EC5}} = 0.56$ i.e. OK

a/a_{EC5}<1 ó = 1

Distancia entre centros de pies derechos, a_1 $a_1 = a + 2 * \left(\frac{h}{2}\right)\ a_1 = 160\ mm$

Longitud de cada bloque, $\ell_{2.e} = 360\ mm$

Longitud del bloque intermedio $\ell_{2.i} = 320\ mm$

Longitud del bloque de diseño $\ell_2 = \min(\ell_{2.e}, \ell_{2.i})$ $\ell_2 = 320\ mm$

Longitud mínima permitida del bloque, $l_{2.min}$

(10.4.4 (EC5, *C.3.1)*) $\ell_{2.min} = 1.5 * a$ $\ell_{2.min} = 150\ mm$

La longitud del bloque es aceptable si $\frac{\ell_2}{\ell_{2.min}} = 2.13$ i.e. OK

$l_2/l_{2,min}$ >1 ó = 1

Profundidad intermedia del pie derecho, *w*2 $w2 = b$

Área de sección transversal de cada pie derecho, $A_{\text{pie derecho}} A_{pie\ derecho} = b * h$

$$A_{pie\ derecho} = 1.16 * 10^4 mm^2$$

Módulo de sección de cada bloque (basado en la longitud de diseño l_2), W_{bloque}

$$W_{bloque} = \frac{\omega 2 * l_2^2}{6} \qquad W_{bloque} = 3.31 * 10^6 mm^3$$

Área de la sección transversal total, $A_{\text{tot}} A_{tot} = n + A_{pie\ derecho}$

$$A_{tot} = 2.33 * 10^4 mm^2$$

Área de sección transversal de un bloque de diseño, $A_{\text{bloque}} A_{bloque} = \omega 2 * \ell 2$

$$A_{bloque} = 6.21 * 10^4 mm^2$$

Segunda área de momento de la columna espaciada respecto al eje *z*–*z*, I_z $I_z \frac{n * h * b^3}{12}$

$$I_z = 7.3 * 10^7 mm^4$$

Segunda área de momento de la columna espaciada respecto al eje *y*–*y*, I_{tot} (ecuación (10.22))

$$I_{tot} = \left[\frac{b * h^3}{6} + 2 * b * h * \left(\frac{a+h}{2}\right)^2\right] \qquad I_{tot} = 1.56 * 10^8 mm^4$$

Segunda área de momento de la columna espaciada respecto al eje *w*-*w*, I_w

$I_w = \frac{b * h^3}{12}$ $I_w = 3.49 * 10^6 mm^4$

Radio de giro de la columna espaciada $i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A_{tot}}}$ $i_z = 56\ mm$

respecto al eje *z*–*z*, i_z

Relación de esbeltez de la columna espaciada $\lambda_z = \frac{L_c}{i_z}$ $\lambda_z = 69.64$

respecto al eje *z*–*z*, λ_z

Radio de giro del pie derecho respecto $i_w = \sqrt{\frac{I_w}{A_{pie\ derecho}}}$ $i_w = 17.32\ mm$

al eje w–w , i_w

Longitud efectiva del pie derecho respecto al eje$L_{int} = 882\ mm$ $L_{final} = 882\ mm$

(*w*–*w*) – basado en la longitud mayor entre $L_1 = \max(L_{int}, L_{final})$ $L_1 = 882\ mm$

Relación de esbeltez del pie derecho respecto $\lambda_1 = \frac{L_1}{i_w}$ $\lambda_1 = 50.92$

al eje *w*–*w*, λ_1

El valor mínimo usado en la ecuación (10.20) debe ser mayor que 30

(ecuación (10.24); EC5, *ecuación (C.12)*)

Como el valor de λ_1 es mayor que 30, se usará

el valor de esta ecuación, ecuación (10.20)

Relación de esbeltez de una columna maciza de área A_{tot} y segunda área de momento I_{tot}, λ (ecuación (10.21); EC5, *ecuación (C.11)*)

$$\lambda = L_c * \left(\frac{A_{tot}}{I_{tot}}\right)^{0.5} \qquad \lambda = 47.65$$

El valor del factor de conexión del bloque con unión pegada, η $\eta = 1$

(Tabla 44 (EC5, *Tabla C.1*))

Relación de esbeltez de la columna respecto al eje *y–y*, λ_{ef}

(ecuación (10.20); EC5, *ecuación (C10)*)

$$\lambda_{ef} = \left(\lambda^2 + \eta * \frac{n}{2} * \lambda_1^2\right)^{0.5} \qquad \lambda_{ef} = 69.74$$

Condición crítica de diseño

$$\lambda_{max} = \max(\lambda_{ef}, \lambda_z) \qquad \lambda_{max} = 69.74$$

2. Propiedades de resistencia de la madera

Tabla 3, Resistencia clase C22 (BS EN 338:2003(E), *Tabla 1)*

Resistencia a compresión característica paralela a las vetas, $f_{c.0.k}$ $f_{c.0.k} = 20\ \mathrm{N/mm^2}$

Módulo de elasticidad de quinto percentil paralelo a las vetas, $E_{0.05}$ $E_{0.05} = 6.7\ \mathrm{N/mm^2}$

Resistencia a la tensión característica perpendicular a las vetas, $f_{t.90.k}$ $f_{c.90.k} = 0.5\ \mathrm{N/mm^2}$

Resistencia a corte característica a través de vetas, $f_{v.k}$ $f_{v.k} = 2.4\ \mathrm{N/mm^2}$

3. Factores de seguridad parciales

Tabla 16 para el ELS

Acciones permanentes, γ_G $\gamma_G = 1.35$

Acciones variables, γ_Q $\gamma_Q = 1.5$

Tabla 14 Factor del material para madera maciza, γ_M $\gamma_M = 1.3$

4. Cargas

Carga permanente característica, G_k $G_k = 28\ kN$

Carga característica variable de mediana duración, Q_k $Q_k = 30\ kN$

Carga de diseño a compresión para combinación de carga crítica, N_d $N_d = \gamma_G * G_k + \gamma_Q * Q_k$ $N_d = 8.28 * 10^4 N$

(Tabla 16, ecuación (c) utilizando ecuaciones desfavorables)

5. Factores de modificación

Factor de carga de mediana duración y clase de servicio 1, $k_{mod.med}$ $k_{mod.med} = 0.8$

(Tabla 12 (EC5, *Tabla 3.1*))

Factor de resistencia del sistema, k_{sis}– no relevante $k_{sis} = 1.0$

6. Resistencia de la columna y los bloques

El caso de carga crítica de diseño para el ELU será seleccionado debido a la combinación de cargas permanentes y cargas de mediana duración desfavorables:

Esfuerzo directo en la columna espaciada:

Esfuerzo de compresión de diseño, $\sigma_{c.0.d}$ (ecuación (10.25))

$$\sigma_{c.0.d} = \frac{N_d}{A_{tot}} \qquad \sigma_{c.0.d} = 3.55\ \mathrm{N/mm^2}$$

Resistencia a compresión de diseño, $f_{c.0.d}$

$$f_{c.0.d} = \frac{k_{mod.med} * k_{sis} * f_{c.0.k}}{\gamma M} \qquad f_{c.0.d} = 12.31\ \mathrm{N/mm^2}$$

Condición de resistencia al pandeo para una columna espaciada (7.3.1 (EC5, *6.3.2*))

Esbeltez relativa respecto al eje *y–y:* (ecuación (7.3); EC5, *ecuación (6.21)*)

$$\lambda_{rel.y} = \frac{\lambda_{ef}}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} \qquad \lambda_{rel.y} = 1.21$$

Como la relación de esbeltez es mayor que 0.3, las condiciones del punto 7.3.1 (EC5, *6.3.2(3)*) aplican: Factor β_c para madera maciza(ecuación (7.6); EC5, ecuación (6.29))

$\beta_c = 0.2$

Factor de inestabilidad, k_y(ecuación (7.5a); EC5, *ecuación (6.27)*)

$$k_y = 0.5 * \left[1 + \beta_c * \left(\lambda_{rel.y} - 0.3\right) + \lambda_{rel.y}^2\right] k_y = 1.33$$

Factor de inestabilidad, $k_{c.y}$

(ecuación (7.4a); EC5, *ecuación (6.25)*) $k_{c.y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel.y}^2}}$ $k_{c.y} = 0.54$

Condición del factor de inestabilidad

(ecuación (7.11a); EC5, *ecuación (6.23)* – con esfuerzos flexionantes iguales a cero)

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} = 0.534 \qquad \text{i.e. OK}$$

Resistencia de los bloques:

Fuerza cortante a través de los pies derechos, V_d

(ecuación (10.14); EC5, *ecuación (C.5)*) $V_d = \begin{cases} \frac{N_d}{120 * k_{c.y}} & if\ \lambda_{ef} < 30 \\ \frac{N_d * \lambda_{ef}}{3600 * k_{c.y}} & if\ 30 \leq \lambda_{ef} < 60 \\ \frac{N_d}{60 * k_{c.y}} & if\ 60 \leq \lambda_{ef} \end{cases}$

$$V_d = 2.55 * 10^3 N$$

Condición de corte:

Fuerza cortante de diseño del bloque, T_d(ecuación (10.26); EC5, ecuación (C.13))

$$T_d = \frac{V_d * L_1}{a1} \qquad T_d = 1.41 * 10^4 N$$

Esfuerzo cortante de diseño del bloque, τ_d

$$\tau_d = \frac{3}{2} * \frac{T_d}{A_{bloque}} \tau_d = 0.34\ N/mm^2$$

Resistencia cortante de diseño del bloque, $f_{v.d}$

$$f_{v.d} = \frac{k_{mod.med} * k_{sis} * f_{v.k}}{\gamma M} f_{v.d} = 1.48\ N/mm^2$$

i.e. OK en cortante

Condición de flexión (la condición crítica será el bloque y el pie derecho en tensión perpendicular a las vetas debido a los esfuerzos flexionantes en las interfaces pegadas con el pie derecho):

Momento flexionante en la unión con el pie derecho, M_d

$$M_d = T_d * \frac{a}{2} \qquad M_d = 7.04 * 10^5 N\ mm$$

Esfuerzo de diseño en el bloque debido al momento flexionante, $\sigma_{m.d}$

$$\sigma_{m.d} = \frac{M_d}{W_{bloque}} \qquad \sigma_{m.d} = 0.21\ N/mm^2$$

Resistencia de diseño del paquete basado en

la resistencia a la tensión perpendicular a la veta, $f_{t.90.d}$

$$f_{t.90.d} = \frac{k_{mod.med} * k_{sis} * f_{t.90.k}}{\gamma_M}$$

$$f_{t.90.d} = 0.31\ N/mm^2 \qquad \text{i.e. OK La sección cumple satisfactoriamente como una columna espaciada de madera en resistencia clase C22.}$$

11. DISEÑO DE DIAFRAGMAS: MUROS, PISOS Y ARRIOSTRAMIENTOS

11.1 Introducción

En este capítulo se trata el diseño de elementos estructurales que proveen estabilidad o que actúan como diafragmas para transferir las cargas a través de la estructura.

Existen diferentes maneras para proveer estabilidad o arriostramiento lateral a una estructura, y las que se usan más comúnmente en estructuras de madera son las siguientes:

- Miembros de arriostramiento lateral
- Diafragmas de piso o techo
- Diafragmas de muros

Cuando un elemento en una estructura está sujeto a compresión debido a una carga directa o por un momento flector, y no es lo suficientemente rígido para prevenir inestabilidad lateral o deflexión excesiva, es muy probable que se necesite arriostramiento lateral. Esto es particularmente relevante para el diseño de columnas y vigas individuales o como miembros de un sistema de arriostramiento.

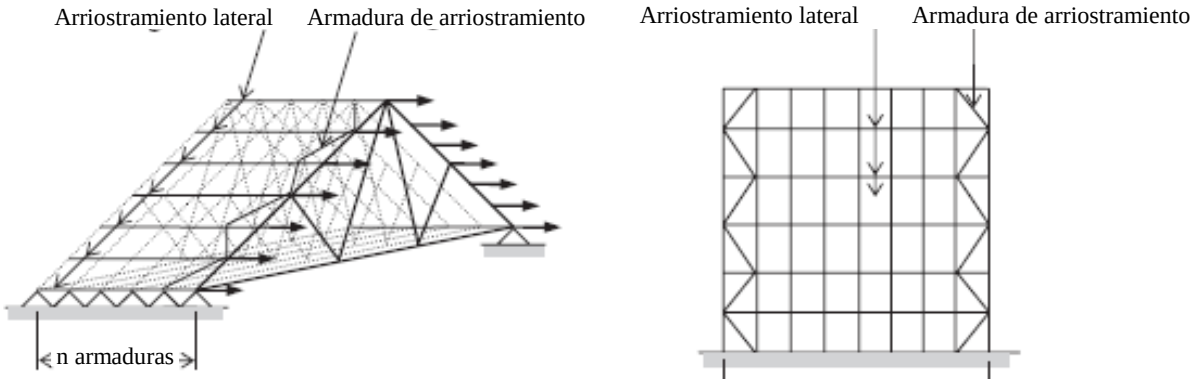
En la Figura 88 se muestran ejemplos de este tipo de situaciones en estructuras de madera en donde se necesita arriostramiento de estabilidad.

Cuando deben resistirse cargas laterales ya sea en el nivel de piso o de techo en estructuras de marcos de madera, se utilizan estructuras de techo o de piso que funcionen como diafragmas y en los bordes se colocan diafragmas de muro, tal como se ve en la Figura 89. Las cargas de muro se transfieren a la cimentación a través de la resistencia al cizallamiento de los diafragmas. Para una comprensión más clara, no se muestran los diafragmas o estructuras de arriostramientos equivalentes que se utilizan para resistir las fuerzas laterales cuando actúan a lo largo del edificio, i.e. las perpendiculares a las que se muestran en la Figura 89. Los procedimientos de diseño de estos elementos se muestran en 9.2.3 y 9.2.4 en el EC5. Este capítulo aborda el diseño de elementos estructurales que proveen estabilidad o que actúan como diafragmas que transfieren las cargas a través de la estructura.

11.2 Consideraciones de diseño

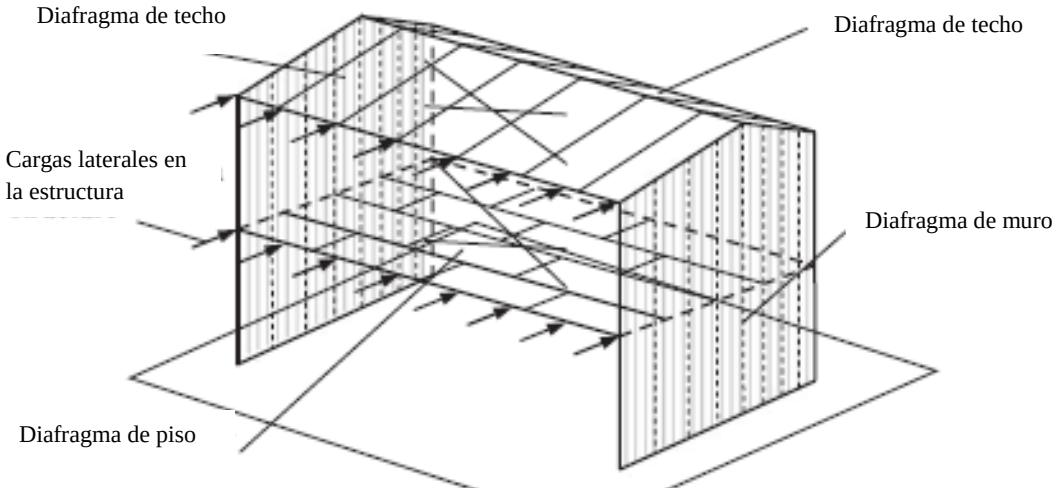
Tanto las riostras como los diafragmas deben satisfacer las reglas de diseño y requerimientos del EC5. En la Tabla 46 se muestran los estados límite asociados con los efectos de diseño principales. Los estados de equilibrio y las condiciones de resistencia se relacionan con las condiciones de falla y por lo tanto son estados límites últimos (ELU). No hay criterio en cuanto al desplazamiento para diafragmas, y para riostras el criterio se asocia con la limitación del movimiento del sistema de arriostramiento bajo el efecto combinado de la fuerza de arriostramiento y otra carga externa (e.g carga de viento) en el estado límite último (ELU). No hay estados límite de servicio (ELS) en el criterio de desplazamiento.

Figura 88. Arriostramiento lateral para miembros a compresión



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Figura 89. Diafragmas de techo, piso y muro (para las cargas laterales que se muestran)



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

11.3 Arriostramiento lateral

11.3.1Generalidades. Los procedimientos de diseño del EC5 cubren la situación en donde elementos a compresión funcionan como elementos individuales en una estructura y también la condición en donde forman parte de un sistema de arriostramiento, como se indica en la Figura 88.

Tabla 46. Requerimientos principales de diseño para arriostramiento y diafragmas

Elemento	Efecto de diseño o de desplazamiento	Estados límite del EC5
Riostras	Esfuerzo axial, incluyendo efectos de inestabilidad lateral	ELU
	Deflexión	ELU
Diafragmas de pisos y techos	Retención de equilibrio estático (deslizamiento, levantamiento (para techos))	ELU
	Esfuerzo de flexión	ELU
	Esfuerzo de corte	ELU
Diafragmas de muros	Retención del equilibrio estático (deslizamiento, levantamiento)	ELU
	Resistencia al cizallamiento	ELU

Se ven juntamente los estados límite asociados en el EC5.

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

En general, el procedimiento de diseño incorpora el máximo de rectitud permitido en el EC5, sección 10, i.e. $(1/300)l$ para madera sólida y $(1/500)l$ para madera laminada encolada o madera microlaminada (LVL), donde l es la distancia entre los apoyos.

La función del arriostramiento lateral es proveer soporte lateral a un miembro para prevenir que éste se mueva lateralmente en la posición en donde se puso el arriostramiento. De esta manera se aumenta la resistencia al pandeo del miembro. El procedimiento usado para el diseño del arriostramiento que provee soporte lateral a miembros individuales a compresión, es diseñar cada miembro de arriostramiento para la fuerza y rigidez requerida, y así mantener el miembro a compresión en su posición, en cada ubicación del miembro de arriostramiento. Cuando deben arriostrarse lateralmente varios miembros o conjuntos (e.g. armaduras de techo) y debe usarse un sistema de arriostramiento, este sistema debe diseñarse para soportar la carga lateral proveniente de los miembros de arriostramiento. Las reacciones se determinan bajo la asunción de que cada miembro a compresión se deformará en una onda individual de modo senoidal, y para cumplir con las asunciones usadas en el análisis, se restringe la deformación máxima del sistema de

arrisotramiento bajo estas cargas, juntamente con cualquier otra carga externa (e.g. carga de viento) a que no debe exceder su longitud/500.

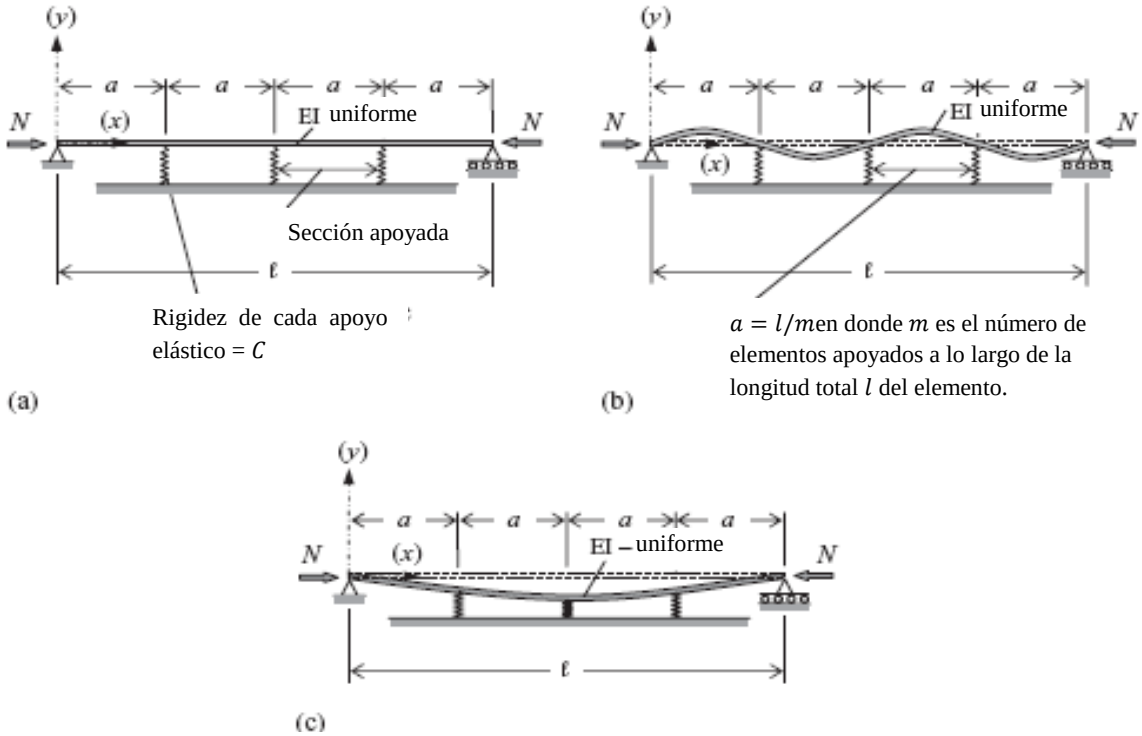
El procedimiento de diseño para miembros sujetos a compresión directa es diferente que el usado para miembros sujetos a compresión debido a un momento flector. Para miembros sujetos a compresión directa, la fuerza de diseño en el arriostramiento se deriva del valor total de la fuerza de compresión en el miembro, ignorando cualquier resistencia compresiva existente en la condición no arriostrada. En el caso de miembros sujetos a un momento flector se toma en cuenta la resistencia al pandeo lateral torsional y la fuerza de diseño que se toma para el arriostramiento es la fuerza de compresión de diseño menos esta resistencia.

Para un miembro rectangular de peralte h, sujeto a un momento de diseño M_d, con un factor de inestabilidad por el pandeo lateral k_{crit} derivado de acuerdo al procedimiento descrito en 6.5.1.2, la solución aproximada usada en el EC5 para determinar el valor de diseño de la fuerza de compresión en el miembro es:

$$N_d = (1 - k_{crit})\frac{M_d}{h} \qquad (11.1)$$

(EC5, ecuación (9.36))

Figura 90. Vista en planta de los modos de pandeo lateral*



*De un miembro con apoyos elásticos.

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

11.3.2 Arriostramiento de miembros individuales (sujetos a compresión directa) apoyados localmente.

El método detallado en 9.2.5.2 del EC5 puede aplicarse al diseño de elementos de arriostramiento que soportan lateralmente a miembros sujetos a compresión directa, e.g. el miembro a compresión de una armadura o una viga individual bajo el efecto de un momento flector.

La función del arriostramiento es prevenir que el miembro se pandee lateralmente en la posición del arriostramiento y haciendo esto, incrementar su resistencia al pandeo lateral. En consecuencia, al determinar la resistencia al pandeo de un miembro individual, la distancia a pandearse debe tomarse como la distancia entre los arriostramientos adyacentes.

Consideremos un miembro a compresión con una longitud l, arriostrado lateralmente por apoyos elásticos espaciados a intervalos iguales a lo largo de toda su longitud, cada cual con la misma rigidez axial. Se muestra una vista en planta en la Figura 90 inciso (a).

Es posible que ocurra una falla debido a inestabilidad lateral, el miembro a compresión se pandeará en su eje débil z-z y para un miembro perfectamente recto soportado por apoyos rígidos a intervalos iguales en toda su longitud, el modo de falla será como se muestra en la Figura 90 inciso (b). Para esta condición, la rigidez en cada posición de arriostramiento será teóricamente infinita y la fuerza en los arriostramientos y sus conexiones será cero.

Cuando la rigidez de los arriostramientos y de las conexiones es relativamente pequeña, el miembro se desplazará lateralmente, aunque esto reducirá la carga de pandeo que puede ser soportada por el miembro.

Para optimizar la resistencia del miembro, la condición de diseño para el arriostramiento que desea alcanzarse es la que se muestra en la Figura 90 inciso (b), y esto puede simularse aumentando la rigidez de los arriostramientos mostrados en la Figura 90 inciso (c), hasta que hayan alcanzado un valor que pueda mantener al miembro en posición en cada apoyo.

A partir de la teoría de estabilidad elástica, asumiendo un miembro perfectamente recto, se ha demostrado que para esta condición, la rigidez mínima C del resorte, proveída por cada arriostramiento se determina de la siguiente manera:

$$C = \frac{mN_e}{l\gamma} \tag{11.2}$$

en donde:

- C es la rigidez axial mínima de cada resorte;
- m es el número de tramos apoyados del elemento a compresión a lo largo de toda su longitud (e.g. en la Figura 90 inciso (b), m = 4);
- N_e es la carga crítica de pandeo, i.e. La carga de pandeo de Euler para un miembro de longitud l/m, y para un producto de madera $N_e = \pi^2 EI/(l/m)^2$, en donde EI es la rigidez a flexión en el eje z-z del miembro y E es el quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la veta;
- l es la longitud total del miembro;
- γ es un factor numérico que depende del número de secciones soportadas del miembro apoyado lateralmente y equivale a $1/(2(1+\cos(\pi/m))$

Substituyendo γ, y $a = l/m$, como se muestra en la Figura 90 inciso (b), la ecuación (11.2) se puede escribir de la siguiente forma:

$$C = \frac{2(1+\cos(\pi/m))N_e}{a} \tag{11.3}$$

Para cargas menores que N_e, se asume que la rigidez puede irse disminuyendo linealmente y bajo el efecto de la carga de diseño promedio en el miembro en el ELU N_d, la rigidez mínima requerida del resorte puede escribirse como:

$$C = k_s \frac{N_d}{a} \tag{11.4}$$

(EC5, ecuación (9.34))

en donde $k_s = {}^{1}/_{\gamma}$ es un factor de modificación y las otras funciones son como se describieron previamente.

El valor de k_s para diferentes valores de $m$varía alcanzando un valor máximo de 4 cuando m es mayor que 10.

Al determinar la rigidez del arriostramiento, se ignora el efecto de la deflexión inicial en el medio del miembro a compresión, sin embargo, al determinar la fuerza que cada arriostramiento recibe, EC5 si lo toma en cuenta.

Para el modo de pandeo en la Figura 90 inciso (c), el EC5 asume que el miembro se desplazará levemente un valor a_0 en las posiciones donde está el apoyo, como se muestra en la Figura 91 inciso (b).

La fuerza axial F_d en el arriostramiento, resultante de la fuerza de compresión N_d de diseño en el miembro, se incrementará debido a la deflexión inicial, y puede tomarse un valor conservador de F_d partiendo de un análisis elástico lineal de segundo orden y es:

$$F_d \leq 2.6 N_d \frac{a_0}{a} \tag{11.5}$$

Si adoptamos el valor máximo permitido en el EC5 de deflexión inicial entre los apoyos, i.e. $(2a)/300$ para maderasólida y $(2a)/500$ para MLE o madera microlaminada (LVL) obtenemos que $F_d$puede escribirse de la siguiente forma:

- Para madera sólida:

$$F_d \leq 5.2 N_d \frac{2a}{300} \times \frac{1}{2a} = \left(\frac{1}{57.69}\right) N_d$$

- Para MLE o madera microlaminada (LVL):

$$F_d \leq 5.2 N_d \frac{2a}{500} \times \frac{1}{2a} = \left(\frac{1}{96.15}\right) N_d$$

En el EC5, los factores aplicados a la fuerza de diseño N_d se definen como $1/k_{f,1}$ para madera sólida y $1/k_{f,2}$ para MLE o madera microlaminada (LVL), y la fuerza de diseño para el arriostramiento se obtiene de esta forma:

- Para madera sólida

$$F_d = \frac{N_d}{k_{f,1}} \tag{11.6a}$$

(EC5, ecuación (9.35))

- Para MLE o madera microlaminada (LVL)

$$F_d = \frac{N_d}{k_{f,2}} \tag{11.6b}$$

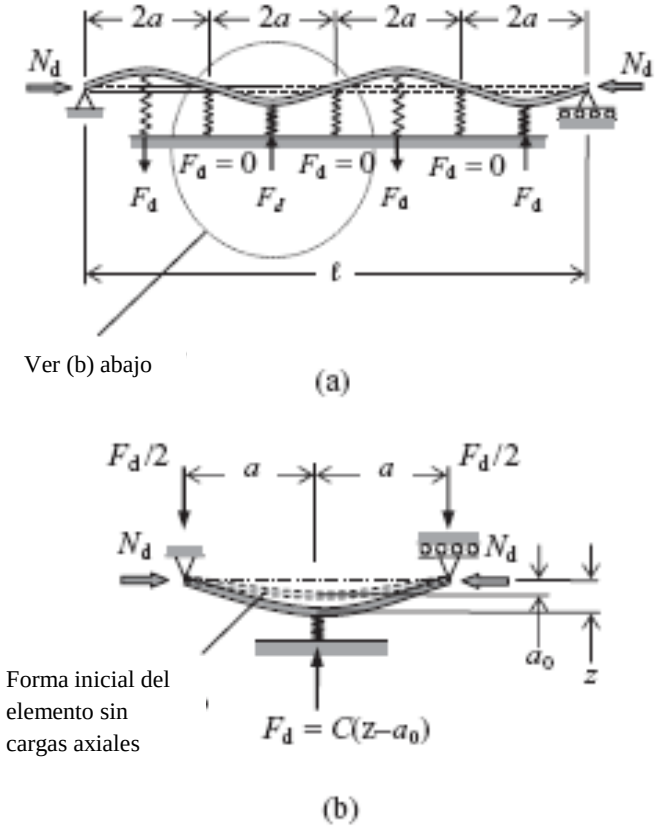
(EC5, ecuación (9.35))

En los cálculos, se toma por simplificación que $k_{f,1}$ y $k_{f,2}$ son 60 y 100 respectivamente.

Aplicando el principio de equilibrio estático a la sección de la viga en la Figura 91 inciso (b), cuando la rigidez C del arriostramiento es como se encuentra en la ecuación (11.4), existirá la siguiente relación entre la fuerza de compresión de diseño N_d y la fuerza lateral F_d en cada elemento de arriostramiento:

$$F_d = \frac{a_0}{\left(\frac{a}{2N_d} - \frac{1}{C}\right)} = \frac{4N_d a_0}{a} \tag{11.7}$$

Figura 91. Modo de pandeo para análisis de la resistencia del arriostramiento



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

La fuerza lateral en un elemento de arriostramiento cuando utilizamos la ecuación (11.7), será mayor que la que se obtenga de la ecuación (9.35) en el EC5, ya que no se toma en cuenta la deflexión inicial al determinar la ecuación (11.4) de rigidez del arriostramiento.

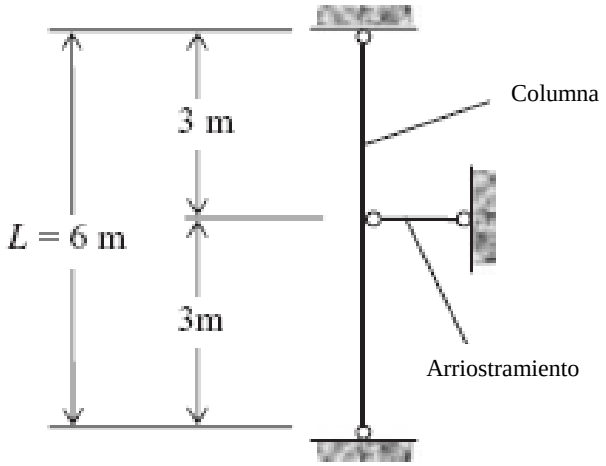
Dependiendo del sistema de arriostramiento utilizado, la fuerza en el miembro de arrisotramiento puede ser tanto de tensión como de compresión, por lo tanto sus conexiones deben diseñarse para resistir ambas condiciones.

Ejemplo 11.1

Para permitir que una columna de madera sólida de 6 m de largo resista una carga de compresión de 100 kN, debe arriostrarse con respecto a su eje débil, tal como se muestra en la

figura. ¿Cuál es la rigidez mínima necesaria y la fuerza estabilizante que debe proveer el arriostramiento?

Figura 92. Columna arriostrada de madera sólida



Fuente: Elaboración propia, 2011

1. **Propiedades geométricas de la columna**

   Largo de la columna: $L = 6\ m$

   Longitud para el análisis de arriostramiento:

   $$a = \frac{L}{2} = 3\ m$$

2. **Cargas**

   Carga axial de diseño en la columna –ELU: $N_d = 100\ kN$

3. **Factores de modificación**

   Factor de modificación por rigidez del arriostramiento: $k_s = 4$

   Factor de modificación: $k_{f,1} = 60$

4. **Rigidez del arriostramiento**

   Rigidez mínima que debe aportar el arriostramiento:

   $$C = k_s \frac{N_d}{a} = 133.33\ N/mm$$

5. **Fuerza estabilizante por el arriostramiento**

   Fuerza axial estabilizante que debe aportar el arriostramiento:

   $$F_d = \frac{N_d}{k_{f,1}} = 1.67\ kN$$

11.3.3 Arriostramiento de elementos individuales (sujetos a flexión) soportados localmente.

El método es aplicable al diseñar miembros de arriostramiento instalados a un elemento individual sujeto a fuerzas de compresión debido a flexión, e.g. la fuerza de compresión en la zona de compresión de la viga. La función del arriostramiento es prevenir que el miembro individual se pandee lateralmente en la posición en donde se colocó el arriostramiento. Esto también incrementa la resistencia a pandeo lateral torsional del elemento. Consecuentemente, cuando se determine la resistencia a pandeo lateral torsional del elemento, su longitud efectiva debe tomarse como la distancia entre los arriostramientos adyacentes.

Las ecuaciones (11.4) y (11.6) para miembros individuales arriostrados sujetos a compresión directa, también aplican para vigas. Sin embargo, el valor para N_d, i.e. la fuerza a compresión media de diseño en el miembro, debe determinarse como se describe en 11.3.1.

Al lidiar con miembros rectangulares de peralte h, N_d se calcula de acuerdo a la ecuación (11.1), i.e.: $N_d = (1 - k_{crit})\, M_d/h$, en donde k_{crit} se calcula conforme al EC5, 6.3.3(4) y para la longitud no arriostrada, como se describe en el Capítulo 6, M_d es el momento de diseño máximo actuante en la viga y h es el peralte de la viga rectangular.

Si k_{crit} tiene valor de uno, la diferencia $(1 - k_{crit})$ será cero, significando que la viga no se pandeará y que no requerirá arriostramiento lateral en toda su longitud. Cuando k_{crit} es menor que uno, puede darse pandeo lateral torsional y N_d se calculará con la ecuación (11.1). Debe notarse que para vigas se calcula la fuerza a compresión de diseño usando el valor máximo del momento de diseño en la sección, y para miembros sujetos primariamente a compresión directa se usa el valor medio de la fuerza a compresión. Para satisfacer la teoría, el ariostramiento debe colocarse de manera tal que el soporte lateral esté en la orilla a compresión del miembro.

Habiendo determinado la fuerza de diseño N_d, la rigidez del arriostramiento y la fuerza axial de diseño en cada elemento de arriostramiento se calcula como se explica en 11.3.2.

11.3.4 Arriostramiento para viga, armadura o sistema de columnas.

Cuando se requiere un sistema de arriostramiento para dar estabilidad lateral a una serie de elementos a compresión o a flexión (e.g. columnas, armaduras o vigas), es posible proveer rigidez lateral utilizando una armadura o una placa en el plano de arriostramiento de la estructura.

Para el caso general de miembros a compresión similares que requieran arriostramiento en posiciones a lo largo de su longitud, el EC5 asume que la forma deformada de cada miembro cargado a compresión será senoidal entre los apoyos o soportes e incluirá la rigidez inicial máxima permitida en 10.2(1) del EC5 . A pesar de que la rigidez lateral de la estructura será una combinación de la rigidez lateral del miembro y del sistema de arriostramiento, el EC5 ignora la rigidez del miembro y también el efecto de las deformaciones por corte.

Cada miembro en la estructura, incluyendo el sistema de arriostramiento, se asume tienen un perfil deformado senoidalmente, $z = a_0 \sin(\pi x/l)$, como se muestra en la Figura 93, en donde a_0 es la deflexión máxima en el medio de la longitud del miembro y del sistema de arriostramiento. La carga total de compresión será nN_d, asumiendo que todos los miembros contribuyen cargando al sistema de arriostramiento, siendo n el número de miembros a ser arriostrados y N_d la fuerza a compresión en cada miembro. Si tomamos la deflexión del sistema cargado de arriostramiento como z_1 en el medio de la longitud, el momento flector a lo largo del sistema será también una función senoidal y el valor máximo será $nN_d(a_0 + z_1)$.

Como ya se ha demostrado, el problema previamente mencionado puede analizarse reemplazando el efecto de la deflexión inicial que se traduce en una deflexión del sistema de arriostramiento, por el efecto de una carga lateral equivalente actuando en el sistema de arriostramiento en una condición inicial recta, de forma que el diagrama de momentos flectores en cada caso sea el mismo. Como la carga lateral equivalente también debe ser una función de seno, puede expresarse como:

$$q = q_d \sin\left(\frac{\pi x}{l}\right) \tag{11.8}$$

en donde q_d es el valor máximo de la carga lateral equivalente por unidad de longitud en el sistema.

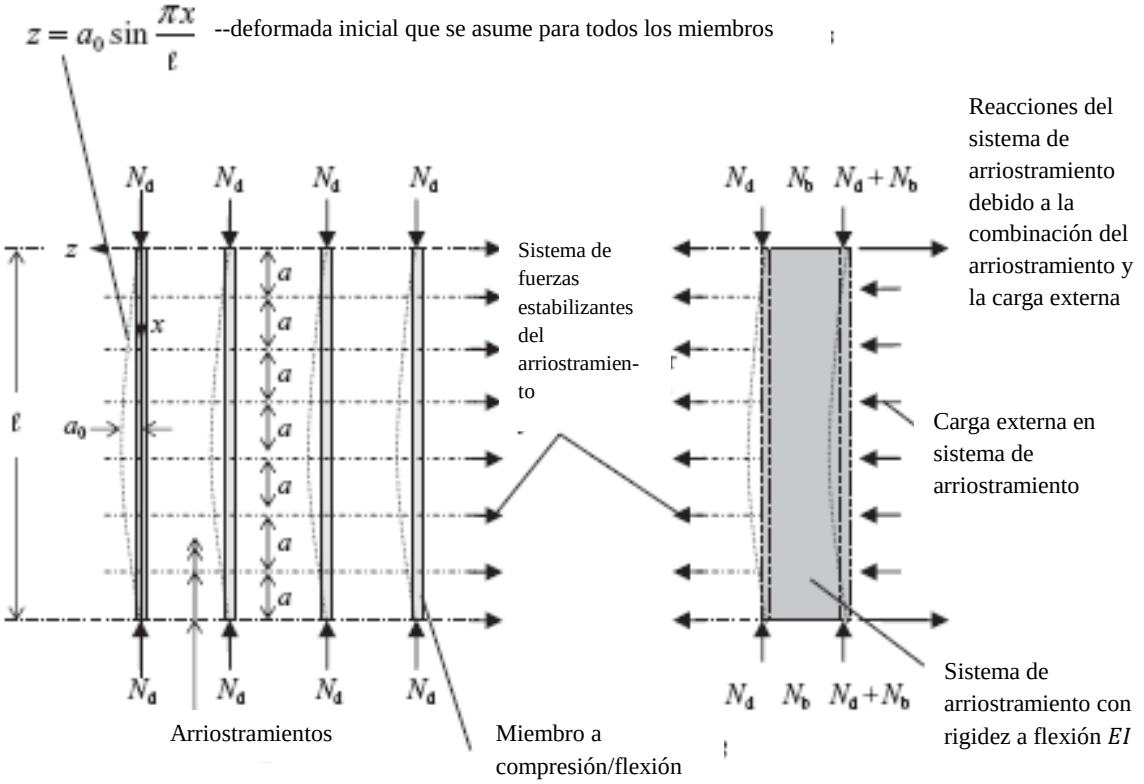
Bajo el efecto de q, la deflexión lateral adicional z_q del sistema será:

$$z_q = q_d \frac{l^4}{\pi^4 EI} \sin\left(\frac{\pi x}{l}\right) \tag{11.9}$$

y la deflexión en el medio:

$$z_1 = q_d \frac{l^4}{\pi^4 EI}$$

Figura 93. Sistema de arriostramiento para serie de miembros a compresión o flexión



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

El momento flector máximo debido a la carga lateral equivalente será $q_d\, l^2/\pi^2$ y al igualar esto al momento flector máximo en el sistema de arriostramiento cargado axialmente se obtiene:

$$\frac{q_d l^2}{\pi^2} = nN_d(a_0 + z_1) \tag{11.10}$$

Aunque la deflexión adicional z_1 es función de q_d, si se restringe a un valor lo suficientemente pequeño para que su efecto sea despreciable, la ecuación (11.10) se reduce a:

$$q_d = \frac{\pi^2}{l^2} nN_d a_0 \tag{11.11}$$

La ecuación (11.11) da el valor que se utiliza en la ecuación (11.8) para la carga lateral máxima por unidad de longitud, actuando en el medio del sistema de arriostramiento. Debido a la aproximación utilizada para obtener la ecuación (11.11), la fuerza lateral en el sistema de arriostramiento se subestimará. Sin embargo, puede también argumentarse que es muy improbable que todos los miembros a compresión en el sistema tengan la deflexión inicial

máxima permitida en el EC5, por lo tanto la carga lateral se reducirá, compensando la subestimación mencionada.

En el EC5, q_d se le llama a la carga interna de estabilidad por unidad de longitud, y se aplica como una carga uniforme a lo largo de la longitud completa del sistema de arriostramiento. Se obtiene de la ecuación (9.37) del EC5, incorporando un factor $k_{f,3}$, que puede considerarse se relaciona con la función $(\pi^2/l)a_0$ en la ecuación (11.11) y también agregando otro factor adicional k_l:

$$q_d = k_l \frac{nN_d}{k_{f,3}l} \tag{11.12}$$

(EC5, ecuación (9.37))

en donde:

- q_d es la carga de estabilidad interna distribuida uniformemente por unidad de longitud que recibe el sistema de arriostramiento.
- n es el número de miembros a compresión o a flexión que han de ser soportados por el sistema.
- N_d es la fuerza a compresión media de diseño en cada miembro a compresión o a flexión. Si los miembros son vigas rectangulares sujetas a un momento flector, aplica la ecuación (11.1).
- k_l es un factor que ajusta la tolerancia permitida para miembros más grandes de 15m de largo y es igual a:

$$\min\left\{\sqrt{\frac{15}{l}}\right\}$$

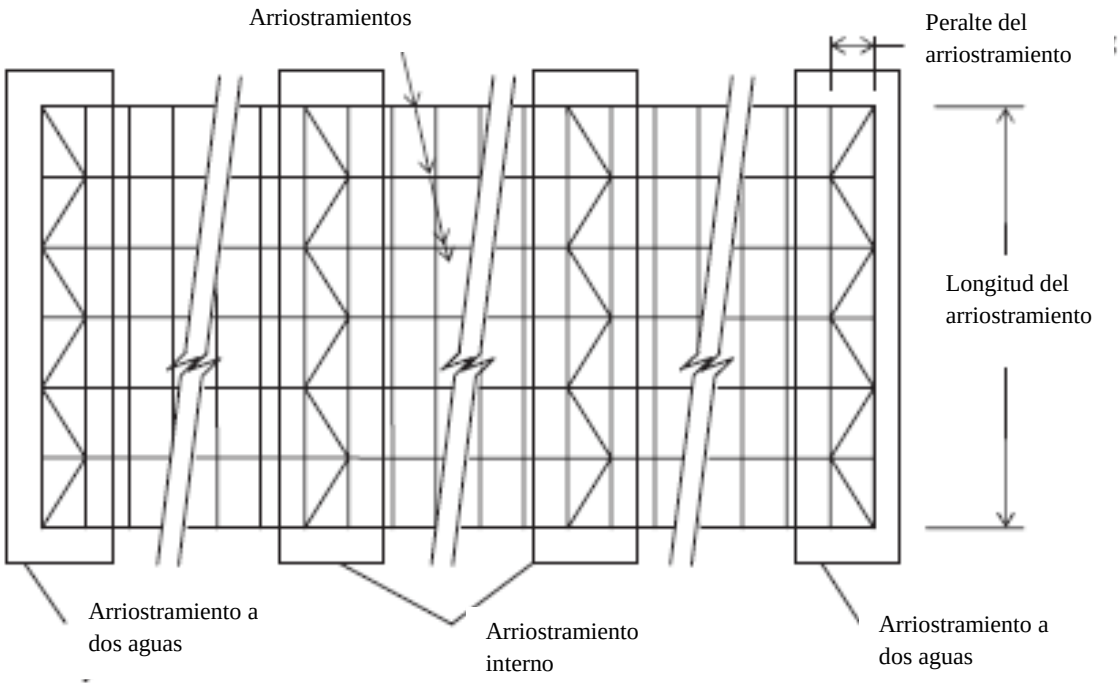
  - $k_{f,3}$ es el factor de modificación y en consideración del NA.2.10 del UKNA para el EC5 será:
    - 50 –cuando los miembros a compresión o flexión estén espaciados a menos de 600 mm de centro a centro,
    - 40 –cuando los miembros a compresión o flexión estén espaciados a menos de 600 mm de centro a centro.
  - l es la longitud del sistema de arriostramiento

En donde miembros a compresión o flexión forman parte de un sistema de arriostramiento, por ejemplo como se muestra en la Figura 93, éstos serán sujetos a fuerzas axiales adicionales N_b, resultantes del efecto de las cargas laterales en el sistema de arriostramiento. Para la configuración de cargas mostrada, la fuerza de compresión de diseño promedio en el sistema de arriostramiento se ajustará como se indica.

Dependiendo del número y ubicación de los arriostramientos usados para proveer estabilidad lateral, es posible que éstos estén a tensión o a compresión y que el sistema de arriostramiento deba diseñarse también para la combinación de cargas internas y externas, que resultarán en deflexiones y esfuerzos máximos. Para el ejemplo mostrado en la Figura 93, en donde se utiliza únicamente un sistema de arriostramiento y la carga externa está actuando en la dirección indicada, la combinación de carga que conlleva a la condición de deflexión lateral más considerable se obtendrá cuando los arriostramientos estén trabajando a tensión.

Normalmente es más económico diseñar riostras que funcionen a tensión que a compresión, y esto puede lograrse arriostrando cada esquina o borde del sistema de arriostramiento juntamente con sistema(s) de arriostramiento interno si se necesita, como se muestra en la Figura 94.

Figura 94. Arriostramiento múltiple para serie de miembros a compresión o flexión



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Con este tipo de configuración, los arriostramientos a dos aguas están diseñados para soportar carga externa adicionalmente a carga de estabilidad lateral, y el sistema de arriostramiento interno provee soporte a la estructura para permitir que los miembros de arriostramiento adjuntos funcionen a tensión. Para ir de acuerdo a la asunción utilizada en el acercamiento teórico, esto es que la deformación lateral es tan pequeña que es ignorada, el EC5 requiere que la deflexión máxima del sistema de arriostramiento debido a q_d combinada con cualquier otra carga externa que deba soportar, no exceda $l/500$.

11.4 Diafragmas de piso y de techo

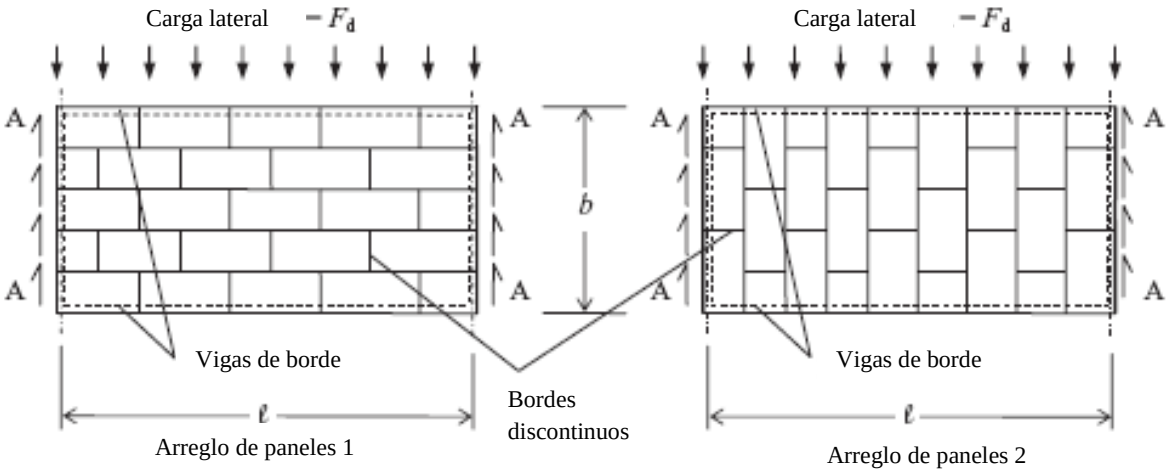
El procedimiento de diseño dado en el EC5 para diafragmas de piso y de techo, es un una forma simplificada de abordar el diseño de estas estructuras y aplica únicamente para diafragmas ensamblados con paneles de madera fijados con sujetadores mecánicos, e.g. clavos o tornillos a un marco de madera.

El EC5, 9.2.3.1(2), permite un aumento del 20% sobre el valor calculado de acuerdo a los procedimientos para calcular la resistencia lateral de los sujetadores mecánicos en los bordes del panel.

11.4.1 Limitaciones en la aplicación del método.

Los diafragmas horizontales típicos de techo o piso se muestran en la Figura 95 usando arreglos de paneles alternados. La estructura tiene una longitud l (mm) y un ancho b (mm) y actúa como una viga peraltada entre los apoyos a lo largo de la las líneas A-A al estar sujeta a carga lateral.

Figura 95. Carga y soportes de diafragmas horizontales



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Para poder aplicar el método simplificado dado en el EC5, deben cumplirse las siguientes condiciones:

(a) La longitud l debe estar entre $2b$ y $6b$.
(b) La condición de diseño en el ELU debe ser por falla de los sujetadores y no por falla de las vigas o paneles.
(c) Los paneles están fijados a sus apoyos. Todos los bordes no apoyados deben estar sujetos a los paneles adyacentes como se define en el EC5, 10.8.1. Todas las fijaciones deben ser tornillos o clavos (no clavos lisos) que cumplan con EN 14592 y el espaciamiento máximo en los bordes del panel debe ser 150 mm y 300 mm a lo largo de los apoyos.

11.4.2 Procedimiento simplificado de diseño. El diafragma debe verificarse a flexión, corte y para la resistencia lateral de diseño en las fijaciones de la estructura al marco de madera que la soporta en las líneas A-A. Los procedimientos de diseño están dados para la condición en donde existe una carga lateral de diseño F_d, a lo largo de una longitud l del diafragma, tal como se muestra en la Figura 95 y el ancho del diafragma es b.

(a) Resistencia a flexión (asumiendo que los bordes de las vigas están apoyados verticalmente y que solamente resisten efectos de carga lateral).

Se asume que toda la flexión la reciben las vigas de borde y consecuentemente deben ser continuas o ser capaces de transferir carga de compresión o tensión en las secciones adyacentes. Para la condición en donde la viga es continua con ancho w (mm) y peralte h (mm), la resistencia menor será la resistencia a tensión y la condición que debe satisfacerse será:

$$\frac{F_d l}{8(wh)b} \leq f_{t,0,d} \tag{11.13}$$

en donde los símbolos son como ya se explicaron y :

- $f_{t,0,d}$ es la resistencia a tensión de diseño de la madera en el borde de la viga y se obtiene de:

$$f_{t,0,d} = \frac{k_{mod} k_h f_{t,0,k}}{\gamma M}$$

- k_{mod} es el factor de modificación debido a la duración de la carga y a las clases de servicio en la Tabla 12.
- k_h es el factor de modificación debido al tamaño para miembros a tensión, como se explica en el Capítulo 5. Se puede ver en la Tabla 19 y para evaluarlo debe usarse la

sección transversal más grande. Al utilizar madera microlaminada (LVL), el factor se define como k_l y se asocia con la longitud del miembro.

- γM es el coeficiente parcial para las propiedades del material dado en la Tabla 14.
- $f_{t,0,k}$ es la resistencia a tensión característica de la madera paralela a la veta. En el Capítulo 4 se da información sobre la resistencia de los productos de madera más comúnmente utilizados.

(b) Resistencia a corte del diafragma a lo largo del borde A-A.

Todo el corte debe ser tomado por el panel. El esfuerzo de corte se asume uniforme en todo el ancho del diafragma para un espesor t (mm), debe satisfacerse la siguiente condición:

$$\frac{F_d}{2(bt)} \leq f_{v,d} \tag{11.14}$$

en donde los símbolos son como se definieron previamente y en donde:

- $f_{v,d}$ es la resistencia de diseño del panel y se obtiene de la siguiente manera:

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod} f_{v,k}}{\gamma M}$$

- $f_{v,k}$ es la resistencia a corte característica del panel de madera.

(c) Resistencia lateral del panel que soporta las fijaciones de la estructura en el borde A-A.

Las reacciones de borde en el diafragma, deben transferirse a la estructura que lo soporta a través de sujetadores que aseguran los paneles a la estructura. En donde el detalle en cada extremo sea el mismo y los sujetadores estén espaciados a cada s (mm) a lo largo de la longitud del apoyo, la condición que debe satisfacerse es la siguiente:

$$\frac{F_d}{2} \leq \frac{R_d b}{s k_{panel}} \tag{11.15}$$

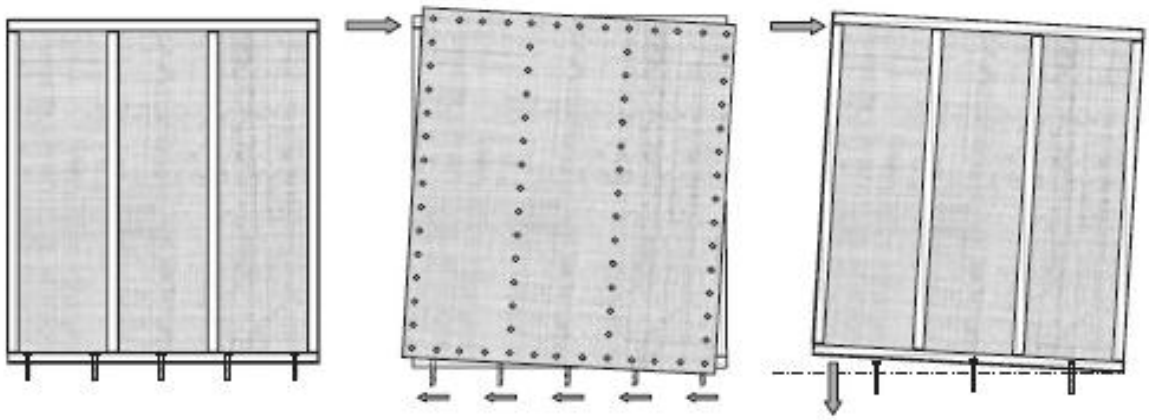
en donde las variables son como ya se ha descrito y:

- R_d es la resistencia lateral de diseño del sujetador.
- k_{panel} es 1.0 cuando los paneles adyacentes estén clavados o atornillados al mismo listón o cuando los extremos de paneles adyacentes estén unidos por machihembrado (por ranura y lengüeta) con cola y es 1.5 cuando los paneles machihembrados no están apoyados en la misma franja y no están pegados con cola.

11.5 Resistencia al cizallamiento de muros bajo cargas horizontales y verticales

Las paredes con parales en edificios o construcciones de marcos de madera, son usualmente revestidas en una o en ambas caras con revestimiento, el cual es asegurado con fijadores en los parales, permitiendo que el muro actúe como un diafragma rígido. Las fijaciones (e.g. clavos) proveen la mayor parte de la resistencia al cizallamiento, a través del soporte de la madera y la deformación de los clavos al aplicarse una fuerza externa lateralmente, como se muestra en la Figura 96 inciso (b).

Figura 96. Diafragmas de muro resistiendo cargas de cizallamiento



(a) Diafragma de muro (b) Resistencia al cizallamiento (c) Volteo

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

El deslizamiento horizontal del muro es resistido por anclajes como clavos o pernos a través de la placa que son suficientes para soportar las fuerzas aplicadas.

Es posible que ocurra un vuelco alrededor del extremo inferior si no se proveen fijaciones apropiadas para sujetar el muro, como se muestra en la Figura 96 inciso (c). En la mayoría de edificios de marcos de madera, las vigas y pisos están diseñados como elementos simplemente apoyados en los muros y tanto la resistencia lateral como la estabilidad de la estructura, recae en los diafragmas mencionados.

En el diseño en madera, la resistencia lateral de un diafragma de muro se le llama resistencia al cizallamiento o resistencia a cortante y se muestran varios ejemplos en la Figura 97. En la Figura 97 inciso (c), se ilustra una falla típica debido a la inadecuada resistencia al cizallamiento.

Desde el análisis conceptual inicial se determina el camino de las fuerzas a través de la estructura hasta la cimentación y así mismo, pueden identificarse los diafragmas diseñados para proveer estabilidad lateral y resistencia al volteo.

Figura 97. Ejemplos de muros de corte de madera

(a) Muro de madera durante su ensamblaje y levantado

(b) Tirante sujetador para prevenir el volteo

(c) Ausencia de resistencia al cizallamiento adecuada dando resultado a la falla de la estructura

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

La resistencia al cizallamiento de un muro puede obtenerse a través de pruebas o a través de cálculos, y en el EC5 9.2.4, se dan dos métodos simplificados, el Método A (9.2.4.2) y el Método B (9.2.4.3). El Método A se ha desarrollado en Europa y el Método B es una conversión del procedimiento desarrollado en el Reino Unido para la resistencia al cizallamiento, dado en BS 5268. Se utilizará el Método B, bajo recomendación del UKNA para el EC5.

El método en el BS 5268 para determinar la resistencia al cizallamiento de los diafragmas de muro, se basa en el esfuerzo permisible y se ha desarrollado tomando en cuenta los resultados de muros expuestos a cizallamiento. Desafortunadamente, en el procedimiento de conversión de

estado límite, el EC5 ha interpretado incorrectamente factores importantes en el procedimiento del RU (Reino Unido) y el método por lo tanto no da un resultado preciso.

Reconociendo las deficiencias en la metodología y también que ni el Método A como tampoco el Método B (aunque sea convirtiendo correctamente de la metodología británica) cubren todos los aspectos de diseño, estos métodos deben reemplazarse en el EC5 por un método unificado. Entre otras cosas, el método unificado propuesto deberá incluir efectivamente el efecto de aperturas y también la contribución del uso de tabla yeso al determinar la resistencia al cizallamiento.

En la siguiente sección, se utiliza el Método B tal como se define en el EC5. Debido a las razones expuestas anteriormente, el valor obtenido no será una evaluación adecuada de la resistencia al cizallamiento, sin embargo, es posible que el método unificado utilice un enfoque similar al usado en el Método B, por lo tanto se muestra cómo se aplica éste método.

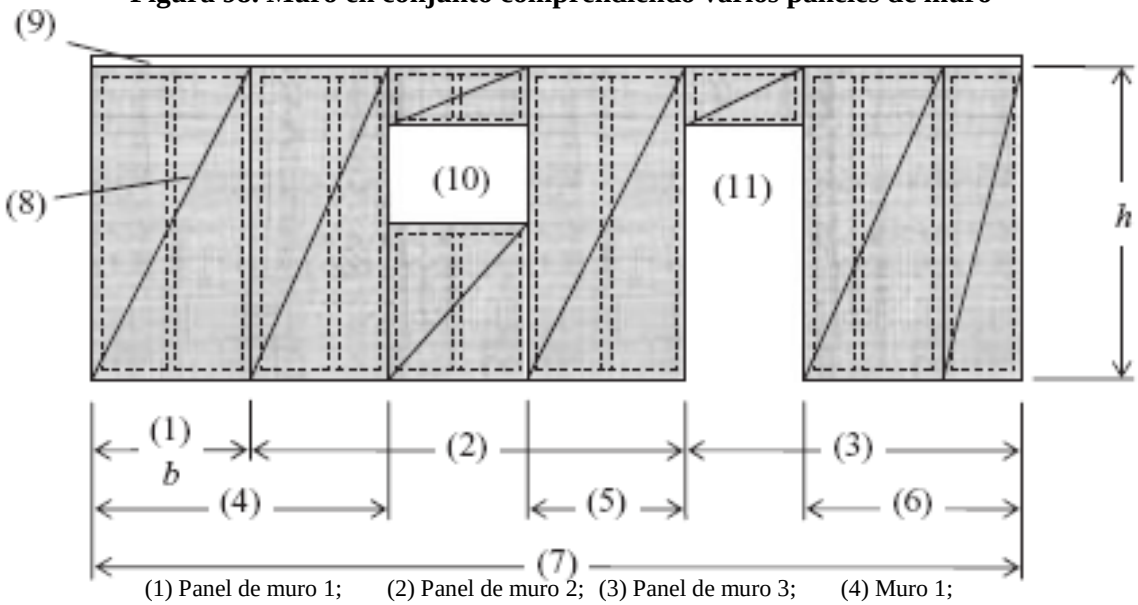
11.5.1 Resistencia al cizallamiento de diafragmas de muro usando el Método B del EC5.

Como se define en el EC5, un conjunto de muros puede comprender uno o más muros formados por uno o más paneles como se muestra en la Figura 98. Los paneles deben, sin embargo, estar hechos de láminas de madera para paneles que cumplan con EN 13986 y, en el caso de paneles de madera microlaminada (LVL), con EN 14279. Tablones blandos que cumplan con los requerimientos del EN 622-4 pueden usarse para arriostramiento en contra del viento pero, como se requiere en el EC5, 3.5, debe verificarse su resistencia con pruebas de laboratorio. Aunque puede utilizarse tabla yeso para proveer resistencia al cizallamiento en muros diseñados de acuerdo al BS 5268, el Método B en el EC5 no es aceptable incluir ninguna contribución al usar estos materiales.

Un panel puede contribuir a la resistencia en el plano del muro únicamente cuando su ancho es por lo menos su altura dividida dentro de 4. Por ejemplo, en el caso del panel de muro 1 en la Figura 98, h/b debe ser ≤ 4.

Los sujetadores entre el revestimiento y el marco de madera deben ser clavos o tornillos y deben estar espaciados uniformemente en el perímetro de la lámina. El espaciado interno de los sujetadores no debe exceder dos veces el espaciado del sujetador en el perímetro de la lámina.

Figura 98. Muro en conjunto comprendiendo varios paneles de muro



(1) Panel de muro 1; (2) Panel de muro 2; (3) Panel de muro 3; (4) Muro 1;
(5) Muro 2; (6) Muro 3; (7) Conjunto de muro; (8) Lámina;
(9) Travesaño; (10) Ventana; (11) Puerta

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Cuando se forma una apertura en el panel, las longitudes del panel en cada lado de la apertura deben considerarse como paneles separados. Y cuando se combinan paneles para formar un muro:

(a) La parte superior del panel debe estar conectada a través de la junta por un miembro o estructura,
(b) La resistencia de la conexión vertical que debe proveerse entre los paneles adyacentes debe evaluarse, de modo que sea por lo menos 2.5 kN/m, y
(c) El muro debe ser capaz de resistir las fuerzas de deslizamiento y de volteo, ya sea anclando la estructura de soporte, por medio de la aplicación permanente de fuerzas al muro o por una combinación de ambos.

El procedimiento de diseño se describe a continuación.

Se considera un esquema típico para un muro i como se muestra en la Figura 99.

La resistencia al cizallamiento $F_{i,v,Rd}$ del muro i es la capacidad lateral de soporte del muro y puede considerarse equivalente a la fuerza máxima de resistencia que el muro podrá aguantar en la parte superior, como se muestra en la Figura 99. Puede ignorarse el riesgo de que se pandeen las láminas si se cumple la siguiente ecuación:

$$\frac{b_{net}}{t} \leq 100 \tag{11.16}$$

(EC5, ecuación (9.33))

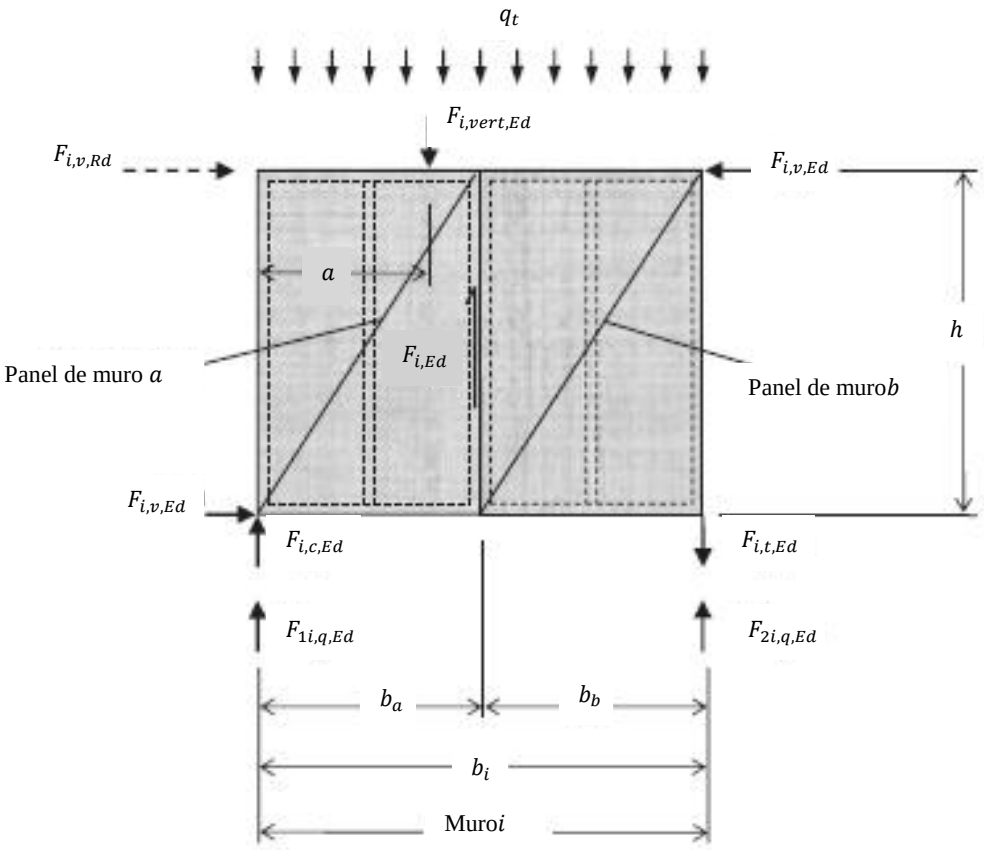
en donde b_{net} es la distancia de claro entre los miembros verticales del enmarcado de madera del muro, y t es el espesor del material de revestimiento.

Para un conjunto de muros formado por n muros, la resistencia de diseño de cizallamiento del conjunto será:

$$F_{v,Rd} = \sum_{i=1}^{n} F_{i,v,Rd} \tag{11.17}$$

(EC5, ecuación (9.24))

Figura 99. Esquema de un muro típico (muro *i*) las fuerzas actuantes y sus reacciones



(Porteous & Kermani, 2007)

La condición de diseño que debe cumplirse es:

$$F_{v,Rd} \geq F_{v,Ed}$$

en donde $F_{v,Ed}$ es la fuerza de diseño horizontal en conjunto del muro.

La resistencia de diseño al cizallamiento $F_{i,v,Rd}$ del muro i, se obtiene de la siguiente ecuación:

$$F_{i,v,Rd} = \frac{F_{f,Rd} b_i}{s_0} k_d k_{i,q} k_s k_n \tag{11.18}$$

(EC5, ecuación (9.25))

en donde:

- $F_{f,Rd}$ es la capacidad de diseño de un sujetador individual a corte lateral.
- b_i es la longitud del muero (en metros).
- s_0 es el espaciamiento entre sujetadores calculado por la ecuación (9.26) del EC5, siendo ésta:

  $$s_0 = \frac{9700d}{\rho_k}$$

  en donde, para obtener exactitud en las dimensionales, el diámetro d, debe estar en metros, la densidad característica del enmarcado de madera ρ_k debe estar en kg/m^3 para que el s_0 esté en metros. Esto asegura que las mismas unidades sean usadas tanto para b_i como para s_0 en la ecuación (11.18).
- k_d es el factor de dimensión del muro y es una variable en función de la proporción de sus lados. Se obtiene de la siguiente manera:

  $$k_d = \begin{cases} \frac{b_i}{h} & si\ \frac{b_i}{h} \leq 1.0 \\ \left(\frac{b_i}{h}\right)^{0.4} & si\ \frac{b_i}{h} > 1.0\ \ y\ \ b_i \leq 4.8\,m \\ \left(\frac{4.8}{h}\right)^{0.4} & si\ \frac{b_i}{h} > 1.0\ \ y\ \ b_i > 4.8\,m \end{cases} \tag{11.19}$$

  (EC5, ecuación (9.27))

  en donde h es la altura del muero en metros.
- $k_{i,q}$ se le llama al factor de carga uniforme distribuida. Es función de la carga vertical en el muro, aumentando su resistencia a medida que la carga aumenta y es igual a la unidad cuando no existe carga vertical. Se obtiene de la siguiente ecuación:

  $$k_{i,q} = 1 + (0.083q_i - 0.0008{q_i}^2)\left(\frac{2.4}{b_i}\right)^{0.4} \tag{11.20}$$

  (EC5, ecuación (9.28))

  en donde q_i es la carga vertical equivalente uniformemente distribuida actuando en el muro (en kN/m) siendo $q_i \geq 0$ y se obtiene utilizando cargas permanentes y cualquier efecto neto del viento juntamente con cualquier carga obtenida de fuerzas concentradas,

incluyendo anclajes actuando en el muro. Las cargas puntuales se convierten a cargas uniformemente distribuidas asumiendo que el muro es rígido, en cuyo caso, para una carga concentrada (puntual) $F_{i,vert,Ed}$ como se muestra en la Figura 99, la carga equivalente uniformemente distribuida q_i se calcularía de la siguiente manera:

$$q_i = \frac{2aF_{i,vert,Ed}}{b_i^2} \tag{11.21}$$

(EC5, ecuación (9.31))

- k_s es el factor de espaciamiento del sujetador y está en función del espaciamiento utilizado en todo el perímetro de las láminas y del espaciamiento básico del sujetador s_0. Se obtiene de la siguiente forma:

$$k_s = \frac{1}{0.86(s/s_0)+0.57} \tag{11.22}$$

(EC5, ecuación (9.29))

en donde s es el espaciamiento de los sujetadores alrededor del perímetro de las láminas y tanto s como s_0 tienen las mimas unidades. El espaciamiento máximo permitido es 150 (mm) para clavos y 200 (mm) para tornillos.

- k_n es el factor del material de recubrimiento o revestimiento y cuando se utilizan diferentes materiales en las caras opuestas, solamente el 50% de la resistencia del panel más débil puede utilizarse. El factor está definido de la siguiente forma:

Para revestimiento solamente en un lado:

$$k_n = 1.0 \tag{11.23a}$$

Para revestimiento en ambos lados:

$$k_n = \frac{F_{i,v,Rd,max}+0.5F_{i,v,Rd,min}}{F_{i,v,Rd,max}} \tag{11.23b}$$

en donde $F_{i,v,Rd,max}$ es la resistencia al cizallamiento de diseño del revestimiento más fuerte y $F_{i,v,Rd,min}$ es la resistencia al cizallamiento del revestimiento más débil.

La resistencia al cizallamiento depende también de la manera que esté asegurado el muro a la estructura adyacente. Un ejemplo de esto se muestra en la Figura 99, en donde la conexión del muro/estructura debe ser capaz de transferir una fuerza de corte horizontal $F_{i,v,Ed}$ en la base, la fuerza de compresión y de tensión del volteo de cuerpo rígido $F_{i,c,Ed}$, $F_{i,t,Ed}$ respectivamente.

Las fuerzas de volteo de cuerpo rígido en el muro se calculan sencillamente de estática de la siguiente manera:

$$F_{i,c,Ed} = F_{i,t,Ed} = \frac{F_{i,v,Ed}h}{b_i} \quad (11.24)$$

(EC5, ecuación (9.23))

en donde cada término es tal y como se definió anteriormente. La fuerza neta en la conexión debe tomar en cuenta el efecto de la fuerza de reacción debido a la carga vertical en el panel.

En donde el muro comprenda más de un panel, los paneles deben ser capaces de transmitir lo mínimo de fuerza vertical de corte en la unión del panel o una fuerza de diseño de por lo menos 2.5 kN/m. Para el ejemplo mostrado en la Figura 99, la carga vertical de corte, $F_{1i,Ed}$ que debe tomarse en cuenta en las fijaciones entre el panel a y el b es:

$$F_{1i,Ed} = F_{i,t,Ed} - F_{2i,q,Ed} + q_i b_b \quad (11.25)$$

en donde los términos son tal como ya se definieron y $F_{1i,q,Ed}$ y $F_{2i,q,Ed}$ son las reacciones en los extremos debido a la carga vertical del muro. Para la condición de carga vertical mostrada en la Figura 99:

$$F_{1i,q,Ed} = \frac{q_i b_i}{2} + \frac{F_{i,vert,Ed}(b_i - a)}{b_i} \quad (11.26a)$$

$$F_{2i,q,Ed} = \frac{q_i b_i}{2} + \frac{F_{i,vert,Ed}a}{b_i} \quad (11.26b)$$

La dirección de las fuerzas de volteo de cuerpo rígido será la inversa cuando la carga lateral en el muro está actuando en la dirección opuesta a la mostrada en la Figura 99, aunque las reacciones en las esquinas debido a carga vertical del muro se mantengan inalteradas. Para esta condición, la fuerza de corte $F_{2i,Ed}$ en la conexión vertical que toman las fijaciones entre el panel a y el panel b es la siguiente:

$$F_{2i,Ed} = F_{i,t,Ed} + F_{2i,q,Ed} - q_i b_b \quad (11.27)$$

Si tanto $F_{2i,Ed}$ como $F_{1i,Ed}$ están en kN, la condición de diseño para la fuerza de corte vertical en la unión de los paneles será:

$$F_{i,Ed} = \max\left(F_{1i,Ed},\ F_{2i,Ed}, 2.5h\right) kN \quad (11.28)$$

siendo h la altura del muro en metros.

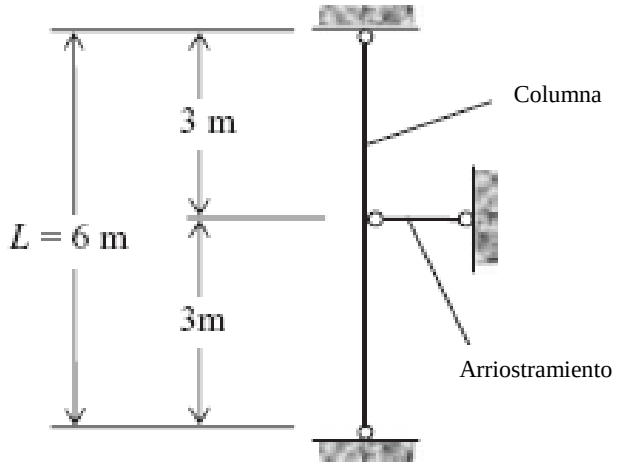
Los parales verticales de muro también deben diseñarse para fuerzas axiales de acuerdo con los requerimientos del Capítulo 7, y cuando se soportan sobre miembros horizontales, deben

verificarse los esfuerzos a compresión perpendiculares a la veta como se describe en el Capítulo 6.

Ejemplo 11.1

Para permitir que una columna de madera sólida de 6 m de largo resista una carga de compresión de 95 kN, debe arriostrarse con respecto a su eje débil, tal como se muestra en la figura. ¿Cuál es la rigidez mínima necesaria y la fuerza estabilizante que debe proveer el arriostramiento?

Figura 100. Columna arriostrada de madera sólida



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

1. **Propiedades geométricas de la columna**

   Columna:

   Largo de la columna: $L = 6\ m$

   Longitud de bahía para análisis de arriostramiento (Figura 91 inciso (b) (EC5, Figura 9.9)):

$$a = \frac{L}{2} = 3\ m$$

2. **Acciones**

   Carga axial de diseño en la columna –ELU: $N_d = 95\ kN$

3. **Factores de modificación**

   Factor de modificación por rigidez del arriostramiento (ecuación (11.4) (UKNA para EC5, Tabla NA.6)):

$$k_s = 4$$

   Factor de modificación (ecuación (11.6a) (UKNA para EC5, Tabla NA.6)):

$$k_{f,1} = 60$$

4. **Rigidez del arriostramiento**

   Rigidez mínima que debe aportar el arriostramiento (ecuación (11.4); EC5, ecuación (9.34)):

$$C = k_s \frac{N_d}{a} = 126.67\ N/mm$$

5. **Fuerza estabilizante por el arriostramiento**

   Fuerza axial estabilizante que debe aportar el arriostramiento (ecuación (11.6a); EC5, ecuación (9.35)):

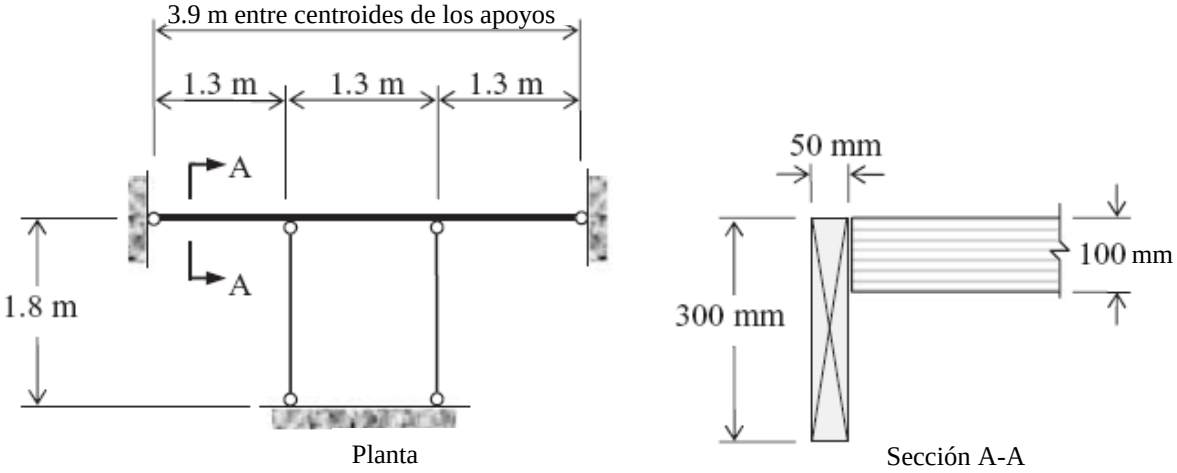
$$F_d = \frac{N_d}{k_{f,1}} = 1.58\ kN$$

Ejemplo 11.2

Una viga de madera aserrada de 50 mm de ancho y de 300 mm de peralte está arriostrada para evitar pandeo lateral torsional, tal como se muestra en la figura. La viga soporta una carga característica permanente de 2.25 kN y una carga característica variable de media duración 3.35 kN, ambas en el centro del claro. La viga tiene una longitud efectiva de 3.9 m, su clase de resistencia es C22 y funcionará en las condiciones de la clase de servicio 2. Los arriostramientos son de 38 mm por 100 mm de peralte y 1.8 m de largo. La clase resistente de éstos es C16 y están articulados en los extremos.

Compruebe que los arriostramientos cumplen con los requerimientos del EC5, asumiendo que la rigidez axial en cada conexión en el extremo de cada arriostramiento es el 50% de la rigidez axial del miembro.

Figura 101. Viga doblemente arriostrada



Planta Sección A-A

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

1 Propiedades geométricas

Viga:

Ancho de la viga, $b = 50\ mm$

Peralte de la viga, $h = 300\ mm$

Largo de la viga, $L_1 = 3.9\ m$

Longitud para análisis de arriostramiento según (Figura 91 inciso (b)),

$$a = \frac{L_1}{3} = 1.3\ m$$

Miembro de arriostramiento:

Ancho de cada miembro de arriostramiento, $b_a = 38\ mm$

Peralte de cada miembro de arriostramiento, $h_a = 100\ mm$

Longitud efectiva de cada miembro, $l_a = 1800\ mm$

Módulo de sección de cada miembro de arriostramiento con respecto al eje y-y:

$$Wa_y = \frac{b_a h_a^2}{6} = 6.33 \times 10^4 mm^3$$

Momento de inercia de cada miembro de arriostramiento con respecto al eje z-z:

$$Ia_z = \frac{h_a b_a^3}{12} = 4.57 \times 10^5 mm^4$$

Radio de giro de cada miembro de arriostramiento con respecto al eje z-z:

$$ia_z = \sqrt{\frac{Ia_z}{b_a h_a}} = 10.97\ mm$$

Relación de esbeltez de cada miembro con respecto al eje z-z:

$$\lambda a_z = \frac{l_a}{ia_z} = 164.09$$

Momento de inercia de cada miembro de arriostramiento con respecto al eje y-y:

$$Ia_y = \frac{b_a h_a^3}{12} = 3.17 \times 10^6 mm^4$$

Radio de giro de cada miembro de arriostramiento con respecto al eje y-y:

$$ia_y = \sqrt{\frac{Ia_y}{b_a h_a}} = 28.87\ mm$$

Relación de esbeltez de cada miembro con respecto al eje z-z:

$$\lambda a_y = \frac{l_a}{ia_y} = 62.35$$

2 Propiedades de la madera

Tabla 3 (BS EN 338:2003, *Tabla 1*)

Para la viga principal –C22:

Resistencia a flexión característica, $f_{m,k} = 22\ N/mm^2$

Cinco por ciento del módulo de elasticidad paralelo a la veta, $E_{0,05} = 6.7\ kN/mm^2$

Densidad media de la madera de la viga, $\rho_m = 410\ kg/m^3$

Para cada arriostramiento –C16:

Resistencia a flexión característica, $fa_{m,k} = 16\ N/mm^2$

Resistencia a compresión característica, $fa_{c,0,k} = 17\ N/mm^2$

Cinco por ciento del módulo de elasticidad paralelo a la veta, $Ea_{0,05} = 5.4\ kN/mm^2$

Módulo de elasticidad medio paralelo a la veta, $Ea_{0,medio} = 8\ kN/mm^2$

Densidad media de cada miembro de arriostramiento, $\rho a_m = 370\ kg/m^3$

3 Factores de seguridad parciales

Tabla 16 (UKNA para BS EN 1990:2002, Tabla NA.A1.2(B)) para el ELU

Acciones (cargas) permanentes, $\gamma_G = 1.35$

Acciones variables, $\gamma_Q = 1.5$

Tabla 14 (UKNA para EC5, Tabla NA.3)

Factor por material para madera sólida, $\gamma_M = 1.3$

4 Acciones (Cargas)

Viga:

Peso propio de la viga, $w = b \cdot h \cdot g \cdot \rho_m = 0.06\ kN/m$

Acción o carga de diseño por el peso propio de la viga, $W_d = \gamma_G \cdot w = 0.08\ kN/m$

Acción o carga permanente característica por carga puntual, $G_k = 2.25\ kN$

Acción o carga variable (impuesta) característica por carga puntual, $Q_k = 3.35\ kN$

Acción o carga de diseño debido a la carga puntual (Tabla 2.8, ecuación (c) utilizando la condición desfavorable de acción variable, $F_d = \gamma_G G_k + \gamma_Q Q_k = 8.06 \times 10^3\ N$

Miembros de arriostramiento:

Peso propio de cada miembro de arriostramiento:

$$wa = b_a \cdot h_a \cdot g \cdot \rho a_m = 0.01\ kN/m$$

Acción o carga de diseño debido al peso propio de cada miembro de arriostramiento:

$$Wa_d = \gamma_G \cdot wa = 0.02\ kN/m$$

5 Factores de modificación

Factor por duración media de carga y clase de servicio 2 (Tabla 12 (EC5, Tabla 3.1),

$$k_{mod,med} = 0.8$$

Factores para la viga:

Factor por tamaño de la viga (Tabla 19 (EC5, 3.2)), $k_h = 1.0$

Estabilidad lateral de la viga (6.5.1.2 (EC5, 6.3.3)), k_{crit}

Longitud efectiva de la viga no arriostrada (Tabla 21 (EC5, Tabla 6.1)):

$$L_{ef} = 0.8L_1 + 2h = 3.72\ m$$

Esfuerzo a flexión crítico (ecuación (6.9); EC5, ecuación (6.32)):

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0.78 \cdot b^2}{h \cdot L_{ef}} \cdot E_{0,05} = 11.71\ N/mm^2$$

Esbeltez relativa para flexión (ecuación (6.10); EC5, ecuación (6.30)):

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = 1.37$$

Factor de estabilidad lateral (Tabla 22 (EC5, ecuación (6.34))):

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & si \quad \lambda a_{rel,m} \leq 0.75 \\ 1.56 - 0.75\lambda a_{rel,m} & si \quad 0.75 < \lambda a_{rel,m} \leq 1.4 \\ \dfrac{1}{\lambda a_{rel,m}{}^2} & si \quad \lambda a_{rel,m} > 1.4 \end{cases} = 0.53$$

Factores para cada miembro de arriostramiento:

Factor de tamaño para miembro de arriostramiento (Tabla 19 (EC5, 3.2))

$$ka_h = \min\left[\left(\frac{150\ mm}{h_a}\right)^{0.2}, 1.3\right] = 1.08$$

Estabilidad lateral para cada miembro de arriostramiento (6.5.1.2 (EC5 6.3.3)), ka_{crit}

Longitud efectiva del miembro de arriostramiento (Tabla 21 (EC5, Tabla 6.1)),

$$la_a = 0.9 \cdot l_a = 1.62\ m$$

Esfuerzo de flexión crítico (ecuación (6.9a); EC5, ecuación (6.32)):

$$\sigma a_{m,crit} = \frac{0.78 \cdot b_a^2}{h_a \cdot la_a} \cdot Ea_{0,05} = 37.54\ N/mm^2$$

Esbeltez relativa para flexión (ecuación (6.10); EC5, ecuación (6.30)):

$$\lambda a_{rel,m} = \sqrt{\frac{fa_{m,k}}{\sigma a_{m,crit}}} = 0.65$$

Factor de estabilidad lateral para cada miembro de arriostramiento (Tabla 22 (EC5, ecuación (6.34))):

$$ka_{crit} = \begin{vmatrix} 1 & si & \lambda a_{rel,m} \leq 0.75 \\ 1.56 - 0.75\lambda a_{rel,m} & si & 0.75 < \lambda a_{rel,m} \leq 1.4 \\ \frac{1}{\lambda a_{rel,m}{}^2} & si & \lambda a_{rel,m} > 1.4 \end{vmatrix} = 1$$

Como $ka_{crit} = 1$, no es relevante el pandeo lateral torsional.

Factor de modificación para la rigidez del arriostramiento (ecuación (11.4) (UKNA para EC5, Tabla NA.6)), $k_s = 4$

Factor de modificación (ecuación (11.6a) (UKNA para EC5, Tabla NA.6)), $k_{f,1} = 60$

Factor por carga de corte, $k_{sis} = 1$ (Es irrelevante)

Factor de redistribución para una sección rectangular de madera sólida (6.5.1.1 (EC5, 6.1.6(2))), $k_m = 0.7$

6 Rigidez de cada miembro de arriostriamiento

El caso crítico de carga en el ELU será debido a la combinación de acciones (cargas) permanentes y desfavorables de media duración:

Momento flexionante de diseño en la viga principal:

$$M_d = \frac{F_d \cdot L_1}{4} + \frac{W_d \cdot L_1^2}{8} + \frac{Wa_d \cdot l_a}{2} \cdot \frac{L_1}{3} = 8.04\ kN\ m$$

Fuerza estabilizante media en cada arriostramiento (ecuación (11.1); EC5, ecuación (9.36)):

$$N_d = (1 - k_{crit}) \cdot \frac{M_d}{h} = 1.25 \times 10^4\ kN$$

Rigidez mínima de cada arriostramiento (ecuación (11.4); EC5, ecuación (9.34)):

$$C = k_s \cdot \frac{N_d}{a} = 38.59\ kN/m$$

Rigidez axial de cada arriostramiento, $C_a (= AE/L)$:

$$C_a = \frac{b_a h_a E a_{0,05}}{l_a} = 1.14 \times 10^4\ kN/m$$

Rigidez axial de cada arriostramiento adicionando a las conexiones:

$$C_{af} = \frac{1}{\frac{1}{C_a} + \frac{2}{0.5 \cdot C_a}} = 2.28 \times 10^2\ kN/m$$

La rigidez actual excede la rigidez mínima, por lo tanto la rigidez del arriostramiento es aceptable.

7 Resistencia de cada miembro de arriostramiento

Se diseña cada arriostramiento como una puntal sujeto a flexión debido a su peso propio:

Momento a flexión de diseño en cada arriostramiento con respecto al eje y-y:

$$Ma_d = \frac{Wa_d \cdot l_a^2}{8} = 7.54 \times 10^{-3}\ kN/m$$

Esfuerzo flector de diseño con respecto al eje y-y:

$$\sigma a_{m,d} = \frac{Ma_d}{Wa_y} = 0.12\ N/mm^2$$

Resistencia a flexión de diseño con respecto al eje y-y:

$$fa_{m,d} = \frac{k_{mod,med} \cdot k_{sis} \cdot ka_{crit} \cdot ka_h \cdot fa_{m,k}}{\gamma_M} = 10.68\ N/mm^2$$

Resistencia a compresión del arriostramiento:

Diseño de fuerza estabilizante en cada arriostramiento (ecuación (11.6a); EC5, ecuación (9.35)):

$$Na_d = \frac{N_d}{k_{f,1}} = 209.04\ N$$

Esfuerzo a compresión de diseño para cada arriostramiento:

$$\sigma a_{m,d} = \frac{Na_d}{b_a \cdot h_a} = 0.06\ N/mm^2$$

Resistencia a compresión de diseño para cada arriostramiento:

$$fa_{c,0,d} = \frac{k_{mod,med} \cdot k_{sis} \cdot fa_{c,0,k}}{\gamma_M} = 10.46 N/mm^2$$

Condición de resistencia al pandeo (7.3.1 (EC5, 6.3.2)):

Esbeltez relativa para cada arriostramiento con respecto al eje z-z (ecuación (7.3); EC5, ecuación (6.22)):

$$\lambda a_{rel,z} = \frac{\lambda a_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{fa_{c,0,k}}{Ea_{0,05}}} = 2.93$$

Factor para madera sólida (ecuación (7.6); EC5, ecuación (6.22)), $\beta_c = 0.2$

Factor por inestabilidad (ecuación (7.5b); EC5, ecuación (6.28)):

$$ka_z = 0.5 \cdot \left[1 + \beta_c \cdot \left(\lambda a_{rel,z} - 0.3\right) + {\lambda a_{rel,z}}^2\right] = 5.06$$

Factor por inestabilidad con respecto al eje z-z (ecuación (7.4b); EC5, ecuación (6.26)):

$$ka_{c,z} = \frac{1}{ka_z + \sqrt{{ka_z}^2 - {\lambda a_{rel,z}}^2}} = 0.11$$

Esbeltez relativa para cada arriostramiento con respecto al eje y-y (ecuación (7.3); EC5, ecuación (6.21)):

$$\lambda a_{rel,y} = \frac{\lambda a_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{fa_{c,0,k}}{Ea_{0,05}}} = 1.11$$

Factor por inestabilidad (ecuación (7.5a); EC5, ecuación (6.27)):

$$ka_y = 0.5 \cdot \left[1 + \beta_c \cdot \left(\lambda a_{rel,y} - 0.3\right) + {\lambda a_{rel,y}}^2\right] = 1.2$$

Factor por inestabilidad con respecto al eje z-z (ecuación (7.4a); EC5, ecuación (6.25)):

$$ka_{c,y} = \frac{1}{ka_y + \sqrt{{ka_y}^2 - {\lambda a_{rel,y}}^2}} = 0.61$$

Como no ocurre pandeo lateral torsional, las condiciones de esfuerzo combinado que deben satisfacerse serán 7.21, 7.22 y 7.24 (EC5, ecuaciones (6.23), (6.24) y (6.35)):

$$\frac{\sigma a_{c,0,d}}{ka_{c,y} \cdot fa_{c,0,d}} + \frac{\sigma a_{m,d}}{fa_{m,d}} = 0.02 < 1.0$$

$$\frac{\sigma a_{c,0,d}}{ka_{c,z} \cdot fa_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma a_{m,d}}{fa_{m,d}} = 0.06 < 1.0$$

$$\left(\frac{\sigma a_{m,d}}{ka_{crit} \cdot fa_{m,d}}\right)^2 + \frac{\sigma a_{c,0,d}}{ka_{c,z} \cdot fa_{c,0,d}} = 0.05 < 1.0$$

Todos son menores que 1, por lo tanto son aceptables.

La sección de madera aserrada de 38 mm x 100 mm, clase de resistencia C16, es satisfactoria para los arriostramientos.

Ejemplo 11.3

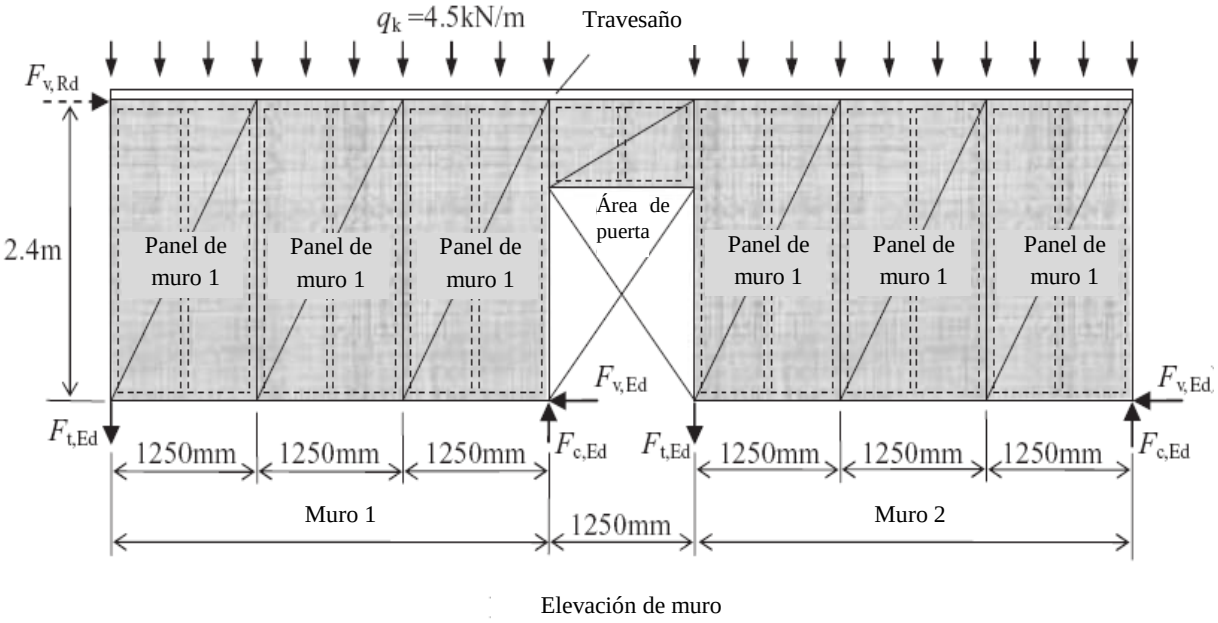
La resistencia lateral de una estructura de madera ha de proveerla muros con parales cubiertos en el lado exterior con paneles formados por aglomerados de partículas de madera largas y orientadas (OSB "Oriented Strand Board") según el BS EN 12369-1:2001 y en la cara interior con tabla yeso. El muro es de 2.4 m de alto y en la figura se muestra el conjunto de muros del primer piso con sus cargas verticales permanentes asociadas (incluyendo el peso propio del muro). El ambiente en el edificio es equivalente a las condiciones de la clase de servicio 2.

a) Calcule la resistencia de diseño del conjunto de muros para carga de viento y las fuerzas de anclaje que cada muro debe proveer.
b) ¿Cuál es la resistencia al cizallamiento del muro 1 si la carga uniformemente distribuida a lo largo de la parte superior de la viga es reemplazada por una carga puntual permanente característica a la mitad de la luz con valor de diseño de 22.8 kN?

Los parales son de 47 mm de ancho por 100 mm de peralte, clase de resistencia C16 madera de acuerdo a BS EN 338:2003. La capacidad de diseño lateral por cada fijación de 3 mm de diámetro clavada al OSB es 387 N. El espaciamiento perimetral de cada fijación es 50 mm de centroide a centroide, y las fijaciones a parales intermedios de 100 mm de centroide a centroide. Se utilizan clavos redondos de 3 mm de diámetro como conectores para unir los parales en los extremos a

cada panel adyacente y éstos tienen una capacidad de diseño de 440 N. las placas en la parte superior e inferior de los parales son de 100 mm de ancho por 50 mm de peralte, clase de resistencia C16. Cada muro está hecho de tres paneles de muro y el conjunto de muros comprende el muro 1 y el muro 2.

Figura 102. Muro de paneles



Elevación de muro

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

1. **Propiedades geométricas**

Ancho de cada paral, $b = 47\ mm$

Peralte de cada paral, $h = 100\ mm$

Altura del muro, $h_p = 2.40\ m$

Espaciamiento lateral de cada paral, $S_{paral} = 600\ mm$

Ancho de cada panel de muro, $P_{an} = 1.250\ m$

Relación entre el la altura y el ancho del panel debe ser menor que 4 (11.5.1, (EC5, 9.2.4.3.1(2)):

$$r = \frac{h_p}{P_{an}} = 1.92 \text{ i.e. OK}$$

Longitud de muro (muro 1 y muro 2), $b_p = 3 \cdot P_{an} = 3.75\ m$

Espesor de madera OSB, $t_{OSB} = 9.0\ mm$

Diámetro de sujetador, $d_n = 3\ mm$

Espaciamiento de sujetadores, $s = 50\ mm$

2. Propiedades de la madera y clavos

Densidad característica del marco de madera en los paneles de muro Tabla 3, C16 (BS EN 338:2003, Tabla 1), $\rho_k = 310\ kg/m^3$

Resistencia de diseño de las fijaciones entre el revestimiento de OSB y el marco de madera,$F_{f,Rd} = 397\ N$

3. Factores de seguridad parciales

Acciones permanentes (Tabla 16 UKNA para BS EN 1990:2002, Tabla NA.A1.2(B)) para el ELU, $\gamma_G = 1.35$

4. Acciones (Cargas)

Carga vertical permanente característica uniformemente distribuida en el muro:

$$q_k = 4.5\ kN/m$$

Valor de diseño de carga vertical permanente distribuida uniformemente en el muro:

$$q_d = \gamma_G \cdot q_k = 6.08\ kN/m$$

5. Factores de modificación

Espaciamiento básico de sujetador (ecuación (11.18) (EC5, 9.2.4.3.2(4))):

$$s_0 = \frac{9700 \cdot kgm^{-3} \cdot d_n}{\rho_k} = 0.09\ m$$

Nota: Las unidades deben estar en metros

Factor de dimensión del panel (ecuación (11.19); EC5, ecuación (9.27)):

$$k_{d,1} = \begin{cases} \left(\frac{b_p}{h_p}\right)^{0.4} & si \quad b_p \leq 4.8\ m \\ \left(\frac{4.8\ m}{h_p}\right)^{0.4} & si \quad b_p > 4.8\ m \end{cases}$$

$$k_d = \begin{cases} \frac{b_p}{h_p} & si \quad \frac{b_p}{h_p} \leq 1.0 \\ k_{d,1} & si \quad \frac{b_p}{h_p} > 1.0 \end{cases} = 1.2$$

Factor por carga distribuida uniformemente en el muro (ecuación (11.20); EC5, ecuación (9.28)):

$$k_q = 1 + \left(0.083 q_d \frac{m}{kN} - 0.0008 \left(q_d \frac{m}{kN}\right)^2\right)\left(\frac{2.4\ m}{b_p}\right)^{0.4} = 1.4$$

Factor por espaciamiento de sujetador (ecuación (11.22); EC5, ecuación (9.29)):

$$k_s = \frac{1}{0.86\left(\frac{s}{s_0}\right) + 0.57} = 0.97$$

Factor por material de revestimiento –equivalente revestimiento de un lado (ecuación (11.23a); EC5, ecuación (9.30)), $k_n = 1.0$

6. Resistencia al cizallamiento del conjunto del muro

Resistencia al cizallamiento del muro 1 (ecuación (11.18); EC5, ecuación (9.25)):

$$F_{1,v,Rd} = \frac{f_{f,Rd} b_p}{s_0} k_d k_q k_s k_n = 2.58 \times 10^4 \ N$$

Resistencia al cizallamiento del muro 2, $F_{2,v,Rd} = F_{1,v,Rd}$

Resistencia al cizallamiento del conjunto de muros (ecuación (11.17); EC5, ecuación (9.24)):

$$F_{v,Rd} = F_{1,v,Rd} + F_{2,v,Rd} = 5.15 \times 10^4 \ N$$

Fuerza de corte lateral requerida en los puntos de anclaje del muro 1 y 2 (ecuación (11.24); EC5, ecuación (9.32)):

$$F_{v,Ed} = \frac{F_{v,Rd}}{2} = 2.58 \times 10^4 \ N$$

Anclaje vertical requerido en la esquina del muro 1 y muro 2 debido a la fuerza de volteo (ecuación (11.24); EC5, ecuación (9.32)):

$$F_{c,Ed} = F_{t,Ed} = \frac{F_{1,v,Ed} h_p}{b_p} = 1.65 \times 10^4 \ N$$

Fuerza vertical en cada anclaje debido a la carga uniformemente distribuida (cud) en cada muro:

$$F_{1,q,Ed} = \frac{q_d \cdot b_p}{2} = 1.14 \times 10^4 \ N$$

Fuerza de conexión vertical máxima en tensión que se toma en cuenta en cada posición de anclaje en las esquinas de muro, $F_{1,v} = F_{t,Ed} - F_{1,q,Ed} = 5.1 \times 10^3 \ N$

Fuerza de conexión vertical máxima que se toma en cuenta entre paneles de muro adyacentes en el muro 1:

$$F_v = F_{t,Ed} - F_{1,q,Ed} + \frac{2 q_d b_p}{3} = 2.03 \times 10^4 \ N$$

Resistencia del conector por metro de altura en el panel de muro:

$$F_{m,1} = \frac{F_v}{h_p} = 8.45 \ kN/m$$

Como la fuerza por metro de altura de muro excede el requerimiento mínimo de 2.5 kN/m, (11.5.1 (EC5, 9.2.4.3.1(4))):

$$F_m = \begin{vmatrix} F_{m,1} & si & F_{m,1} \leq 2.5 \ kN/m \\ 2.5 \ kN/m & si & F_{m,1} > 2.5 \ kN/m \end{vmatrix}$$

Se diseña para $F_m = F_{m,1} = 8.45\ kN/m$

Resistencia de diseño de cada conector entre paneles de muro adyacentes, $F_{v,Rd} = 440\ N$

Número de conectores requeridos en la altura del muro para conectar cada panel de muro:

$$n_v = \frac{F_m}{F_{v,Rd}} = 47$$

Espaciamiento de conector entre paneles de muro adyacentes, $S_p = 51.06\ mm$

Se toma un espaciamiento de conectores entre los panales de muro adyacentes de:

$$S_p = 50\ mm$$

7. Resistencia al pandeo del revestimiento

Espesor de madera OSB, $t_{OSB} = 9.0\ mm$

Distancia de claro entre los parales verticales del marco de madera:

$$b_{neto} = s_{paral} - b = 553\ mm$$

Relación de pandeo (ecuación (11.16); EC5, ecuación (9.33)):

$$Relación = \frac{b_{neto}}{t_{OSB}} = 61.44$$

Como el límite superior de la relación es 100, el revestimiento es aceptable

8. Resistencia al cizallamiento del muro 1 bajo carga puntual a media luz

Valor de diseño de la carga puntual a media luz del muro 1, $F_{i,vert,Ed} = 22.8\ kN$

Distancia de la carga puntual al extremo izquierdo del muro 1:

$$a = \frac{b_p}{2} = 1.88\ m$$

Carga uniformemente distribuida equivalente en el muro 1 (ecuación (11.21); EC5, ecuación (9.31)):

$$q_i = \frac{2aF_{i,vert,Ed}}{b_p^2} = 6.08\ kN/m$$

Como la carga de muro equivalente es la misma que la carga uniformemente distribuida de diseño original, la resistencia al cizallamiento se mantendrá inalterada.

9. Resistencia de los parales y placas individuales

Adicionalmente a la carga que surge de la resistencia al cizallamiento, cuando el muro funciona también como muro entramado que soporta cargas, los parales y las placas deben diseñarse para soportar la condición combinada de carga utilizando los procedimientos dados en el Capítulo 7 de muros.

12. CONEXIONES

12.1 Introducción

Este capítulo introduce al lector en el rango básico de las uniones entre piezas de madera, paneles y láminas de acero mediante diferentes sistemas de unión, e.g., elementos mecánicos de fijación tipo clavija (clavos, tornillos, pernos, pasadores, grapas, tirafondos), conectores y uniones tradicionales.

Este capítulo, –a diferencia de los otros–, no busca ser una guía de cálculo como lo han sido los capítulos anteriores que hacen referencia a las ecuaciones y métodos de cálculo del EC5, sino busca mostrar directrices generales de los tipos básicos de uniones que se utilizan en las construcciones de madera.

12.2 Criterios para diseñar detallado de conexiones

Las estructuras de madera consisten en miembros prefabricados y ensamblados en el sitio. En este proceso los conectores conforman una parte significativa de los costos de diseño y construcción en madera.

Estos costos pueden reducirse racionando la producción y la fabricación fuera del sitio de construcción. La cantidad de trabajo en el sitio debe mantenerse lo más baja posible, ya que los costos de transportar y erigir la estructura pueden evitarse eligiendo cuidadosamente el tamaño de los elementos.

12.2.1 Comportamiento de deformación.

En ingeniería estructural, se distingue entre conexiones elásticas, conexiones mecánicas y juntas de madera. Éstas pueden transferir fuerzas de tensión, compresión, corte o momentos flexionantes.

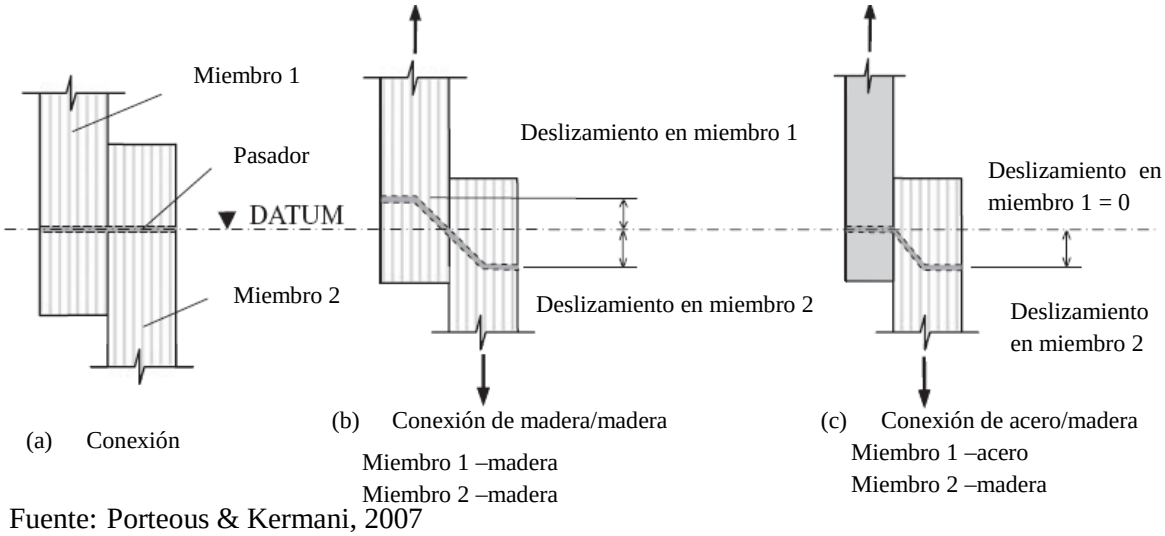
A medida que estas fuerzas son transmitidas, un conector elástico exhibe un cierto grado de deslizamiento, que se toma en cuenta en el módulo de deslizamiento. Puede observarse este corrimiento en diferentes tipos de conexiones y en diferentes materiales en la Figura 103. La rigidez de los sistemas estructurales depende en gran medida de estas características.

Según Julius Natterer y Herzog (2004:106), no deben combinarse diferentes tipos de conexiones con diferentes elasticidades, e.g. encolados con mecánicos. Deben evitarse, siempre

que sea posible, excentricidades que produzcan altos momentos y fuerzas de corte. En cuanto al diseño del detallado de las conexiones, debe dársele especial atención a evitar cualquier tipo de excentricidad. Para esto, las líneas de acción de las fuerzas aplicadas o los ejes de los miembros, siempre deben intersectarse en algún punto.

Una conexión óptima será aquella que es elástica de modo que cuando alcance la deformación permisible bajo cargas de servicio, aún pueda tener un alto factor de seguridad para evitar el fallo de la madera.

Figura 103. Grado de corrimiento en conector de madera/madera y madera/acero



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

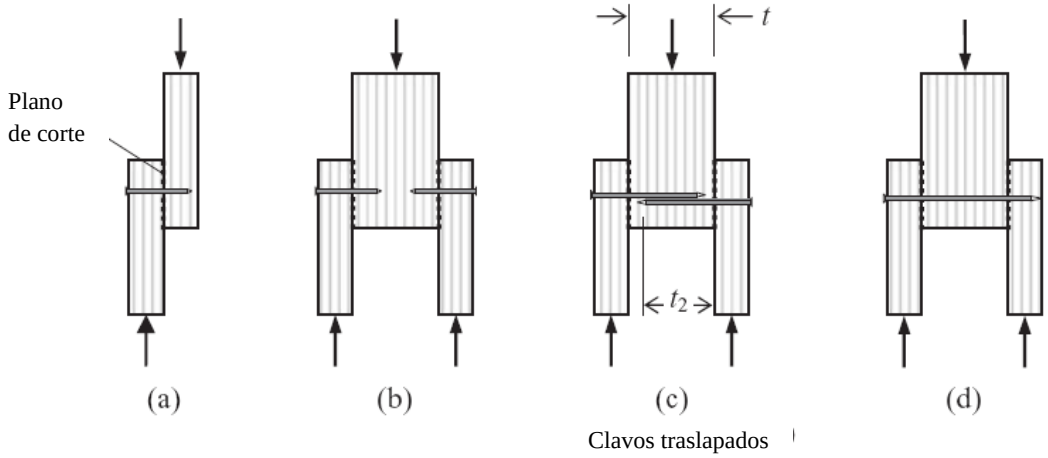
12.2.2 Transferencia de fuerzas. En estructuras de madera, las fuerzas compresivas siempre deben transmitirse por contacto directo. Si hay fuerzas de tensión (también compresión) involucradas, es necesario el solapado o traslape de los componentes, tal como se muestra en la Figura 104.

Las conexiones (a), (b) y (c) de la Figura 104, son un ejemplo de uniones con un plano de corte por sujetador. Si se utilizan clavos, estos pueden traslaparse como se ve en la Figura 104 inciso (c). El caso de la Figura 104 inciso (d) es un ejemplo de uniones con dos planos de corte por sujetador.

Con respecto a las excentricidades en conectores individuales para cortante, para que estos puedan vencerla, las fuerzas pueden transferirse a través de componentes adicionales duplicados.

Para poder evitar las excentricidades al concebir las conexiones, deben intersectarse en un mismo punto las líneas de acción de las fuerzas, tal como ya se mencionó. Al mismo tiempo, los conectores deben colocarse de modo que su centro de gravedad coincida con el eje del miembro. Si no es este el caso, es posible que existan esfuerzos adicionales considerables. Un ejemplo de los conectores alineados con el eje del miembro puede verse en la Figura 105.

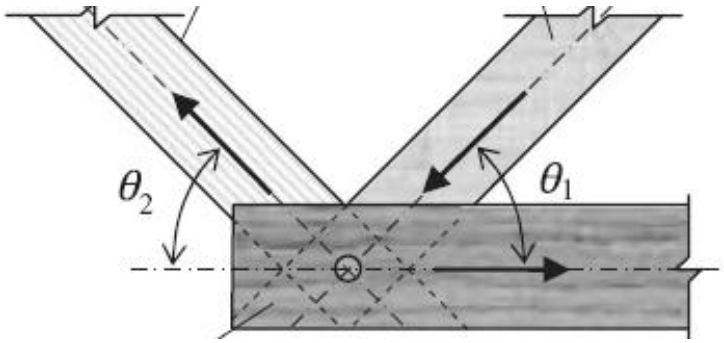
Figura 104. Transmisión de fuerzas de compresión por traslape simple y doble



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

El diseño de las diagonales o verticales de los sistemas estructurales que están formados por miembros individuales, está determinado por el desempeño de sus conexiones más que por la capacidad de soportar carga.

Figura 105. Disposición de elementos de madera con ejes céntricos de las barras



Fuente: Porteous & Kermani, 2007

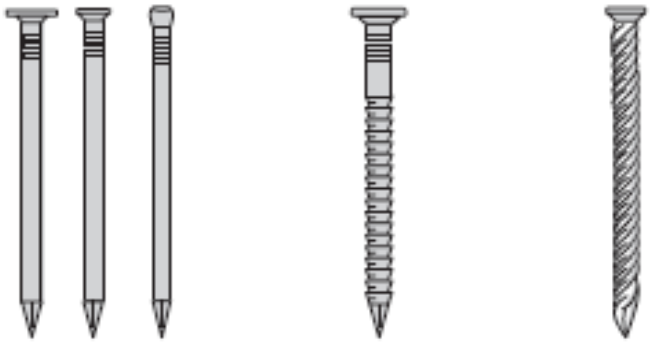
12.3 Tipos de clavos, pernos, sujetadores y tirafondos

El clavo es el medio más antiguo utilizado para unir diferentes miembros de madera, puede ser de vástago liso o rugoso (estriado), este último a su vez con la opción de ser helicoidal o anular.

Esta rugosidad puede mejorar el desempeño del clavo, dificultando la posibilidad de extracción bajo una carga extractora.

El uso de clavos en las conexiones es adecuado para estructuras ligeras y en donde los miembros son relativamente delgados. Esto significa que su uso más común será para unir en el entramado a muros, cubiertas, pisos, techos y casi cualquier construcción que involucre cargas ligeras y elementos sencillos. Se muestra un ejemplo de diferentes tipos de clavos en la Figura 106.

Figura 106. Tipos de clavos

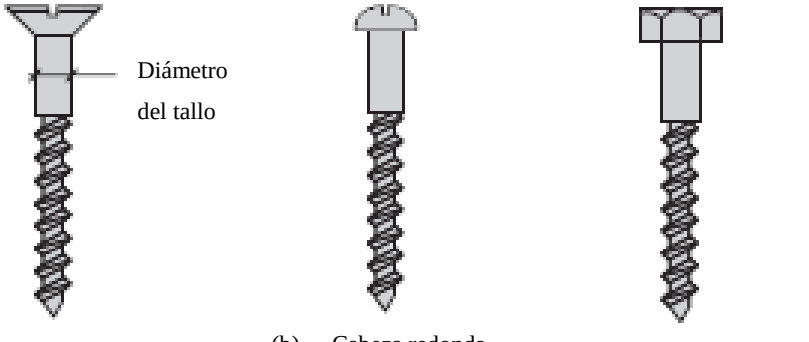


(a) De vástago liso (b) Vástago anular (c) Vástago helicoidal

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Los tornillos para madera se utilizan en vez de los clavos cuando se necesita una mayor resistencia a la extracción. Estos pueden utilizarse para uniones de madera/madera, pero son más apropiados para las uniones de acero/madera y paneles/madera. Los tornillos y pernos deben ser enroscados en la madera, no martillados. Diferentes tipos de tornillos para madera se muestran en la Figura 107.

Figura 107. Tornillos para madera

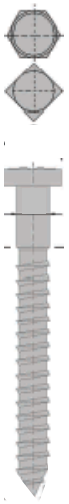


(a) Cabeza plana (b) Cabeza redonda (c) Cabeza hexagonal

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

Los tirafondos son elementos intermedios entre un tornillo para madera y un perno. Es un tornillo con rosca cónica, generalmente más largo que un tornillo. Se utilizan mayormente cuando es complicado colocar un perno o no se desea que exista una rosca en el caso de pernos. Un ejemplo de tirafondo puede verse en la Figura 108.

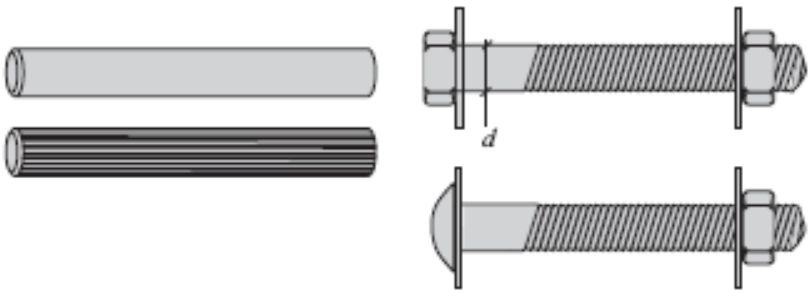
Figura 108. Esquema de tirafondo



Fuente: Durán, 2007

Los pernos y pasadores se utilizan al conectar dos miembros aunque su uso más común es para conectar tres o más miembros en conjunto con múltiples planos de corte. Los elementos laterales pueden ser de madera o acero .En la Figura 109 pueden observarse diferentes tipos de pasadores y pernos.

Figura109. Pasadores y pernos típicos



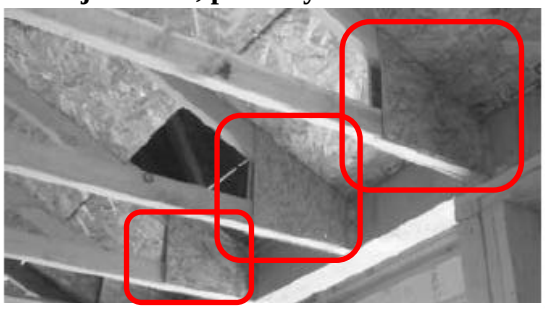
(a) Pasadores (b) Pernos

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

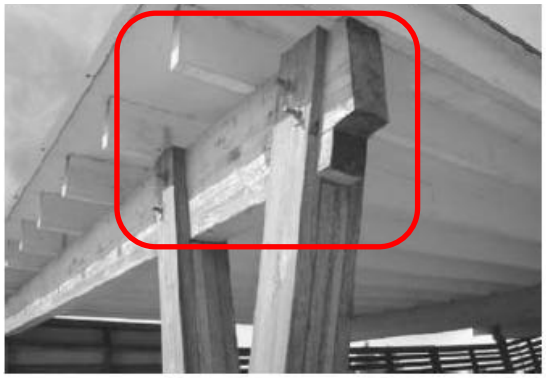
Al utilizar pernos se requiere también la colocación de arandelas en bajo la cabeza del perno y sobre la tuerca, para distribuir mejor las cargas. Al apretar el perno, debe por lo menos dársele a la tuerca una vuelta completa a la rosca del perno.

Figura 110.Ejemplos de conexiones con sujetadores, pernos y clavos

(a) Tirante sujetador clavado

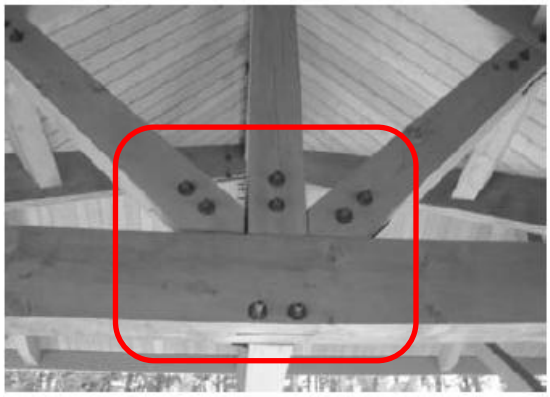


(b) Juntas clavadas con placas OSB

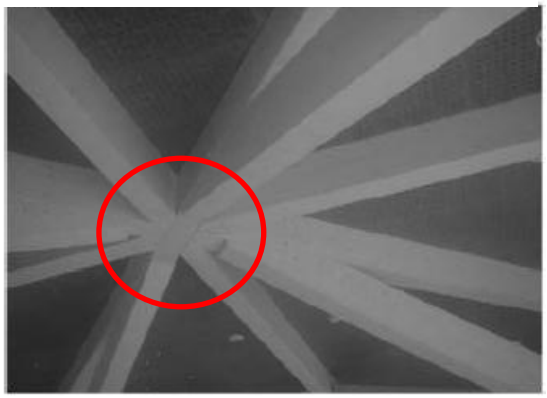


(c) Conexión madera-madera pernada

(d) Apoyo de acero colgante pernado y pernado madera-madera



(e) Conexión pernada



(f) Conexión con pasadores escondidos

(g) Conexión con pasadores (en la columna)

(h) Conexión pernada acero-madera

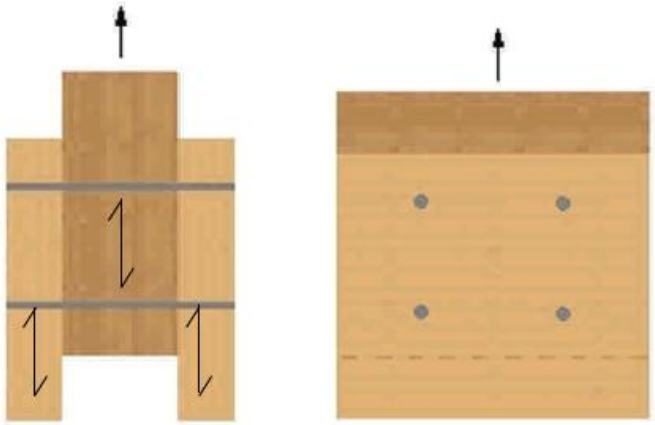
Fuente: Porteous & Kermani, 2007

En la Figura 110 pueden observarse diferentes tipos de conexiones con pernos en uniones madera/madera y madera/acero, pasadores uniendo perfiles rectangulares y también algunos usos de clavos para unir placas delgadas con elementos de madera (Figura 110 inciso (b)).

12.4 Aplicaciones, diferentes tipos de conexiones

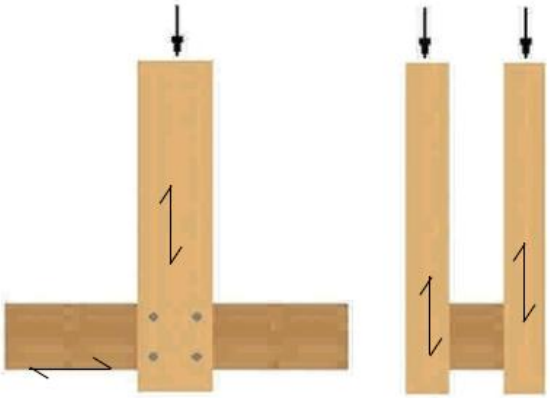
Los clavos, pernos, tornillos, pasadores y tirafondos, tienen aplicaciones tal como ya se han descrito para cada cual. A continuación se muestran diferentes tipos de estas aplicaciones.

Figura 111. Unión con la carga paralela a la veta



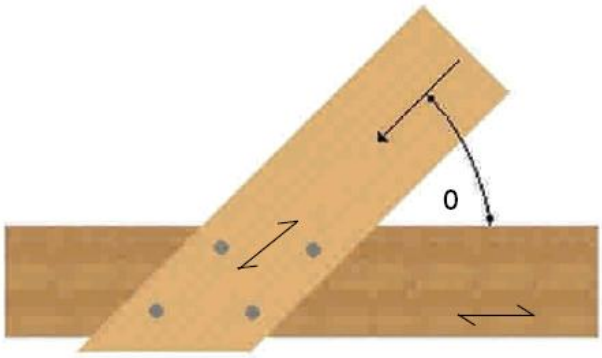
Fuente: Durán, 2007

Figura 112. Unión de elemento inferior cargado perpendicularmente a la veta



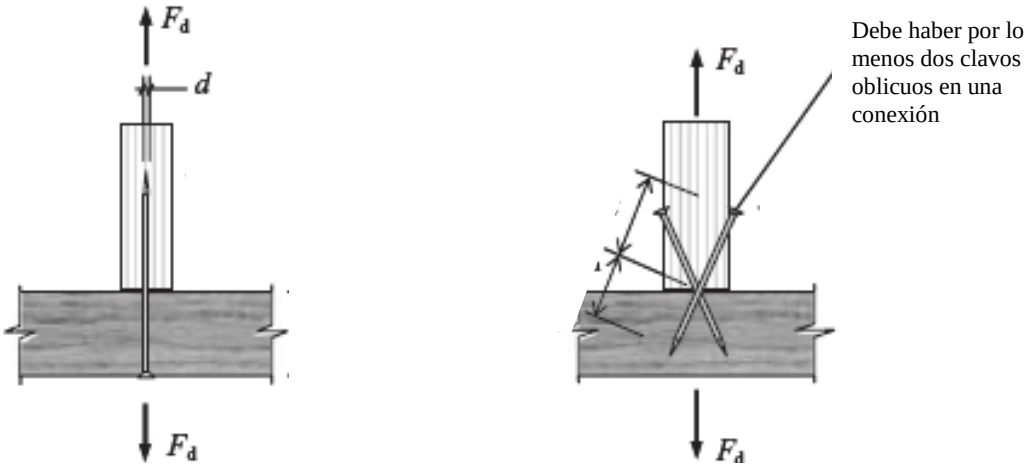
Fuente: Durán, 2007

Figura 113. Unión cuya carga forma un ángulo con respecto a la dirección de la veta



Fuente: Durán, 2007

Figura 114. Uniones clavadas bajo solicitud de fuerza a tensión



Clavo perpendicular a la veta

Clavado oblicuo

Fuente: Porteous & Kermani, 2007

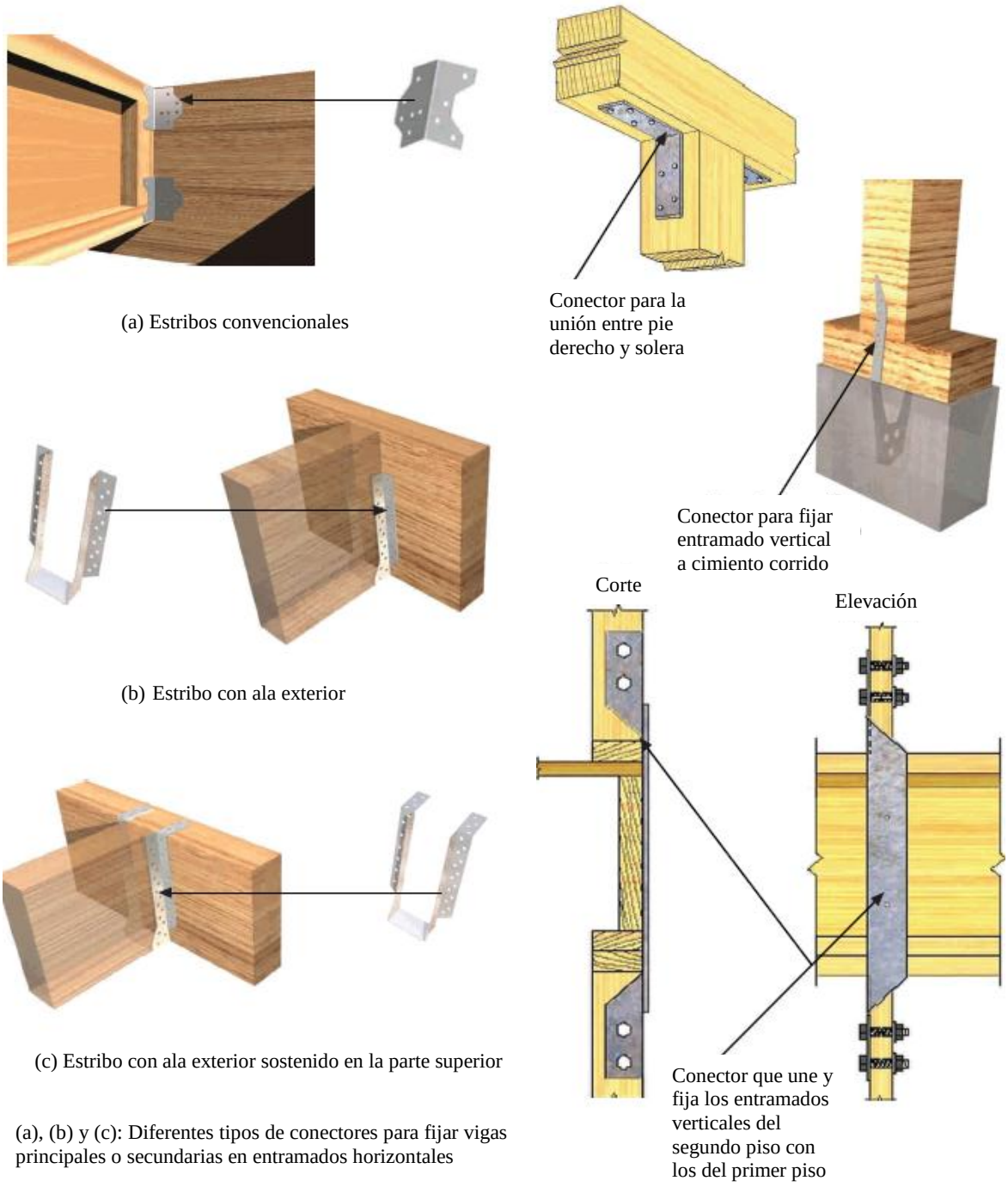
12.5 Conectores metálicos

Los conectores metálicos son un tanto más sofisticados que las uniones tipo clavija, ya que involucra la utilización de conectores fabricados con alta tecnología con respecto al proceso industrial. Pueden clasificarse según el tipo de material con el que son construidos, pero esto resultaría impráctico ya que lo que se quiere es distinguir tipos de conexiones para determinado tipo de sistema estructural.

A continuación en la Figura 115 y Figura 116, se muestra una serie de opciones para conectar entramados en muros, pisos, techos, ya sea éstos con alguno otro miembro o sus miembros

individuales. También se muestran ejemplos de conexiones para unir armaduras con el entramado de muros o techos.

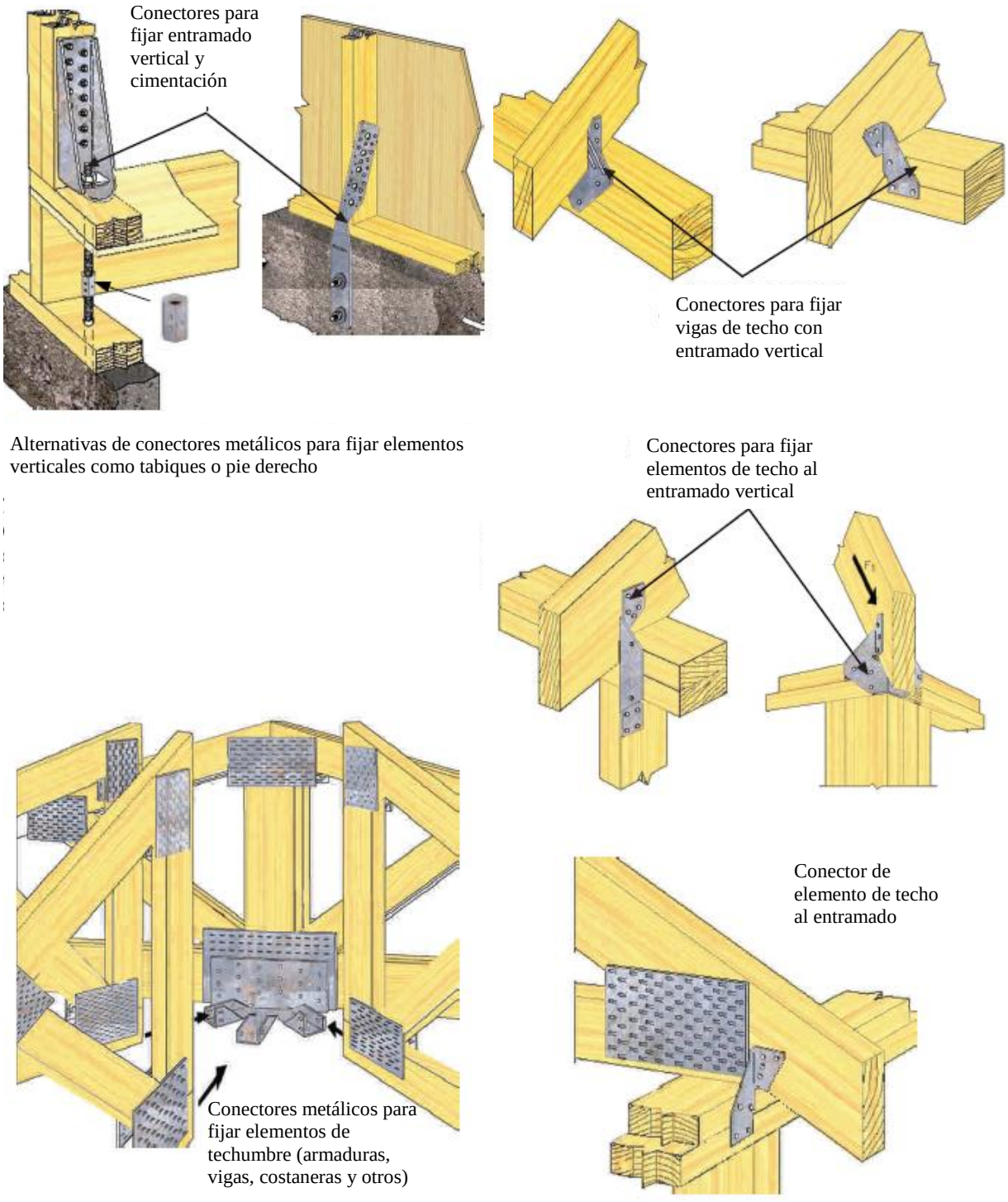
Figura 115. Distintos tipos de conexiones metálicas



(a), (b) y (c): Diferentes tipos de conectores para fijar vigas principales o secundarias en entramados horizontales

Fuente: Durán, 2007

Figura 116. Conexiones metálicas para unir armaduras y entramados



Fuente: Durán, 2007

13. ENTORNO POLÍTICO INSTITUCIONAL

13.1. Antecedentes

El Plan de Acción Forestal Tropical (PAFT) originó el Plan de Acción Forestal para Guatemala (PAFG). Se han adoptado métodos y consideraciones de los programas nacionales propuestos por el PAFT y durante su vigencia se contemplan varias etapas de trabajo. Se deberá formular y aprobar un plan; luego ejecutarlo y darle seguimiento; consolidar el proceso; y documentar y evaluar el proceso para la actualización de la Agenda Forestal. (Agenda Nacional Forestal, 2003)

El plan en Guatemala abarca la reactivación del sector forestal y considera elementos de acuerdo. Se pretende que el plan se convierta en un foro de discusión, análisis y propuesta para disminuir los problemas ecológicos y socio-económicos. Por lo tanto, se han establecido mesas de diálogo entre varios actores del subsector forestal que incluyen los siguientes: Grupo Subsectorial Forestal (GSF), el Grupo Consultivo del Género del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), el Comité para el Desarrollo del Clúster Forestal, el Comité de Recursos Naturales y de Ambiente, el Grupo Consultivo Forestal de Petén, la Mesa de Concertación y Política Forestal de Las Verapaces, el Consejo Nacional para el Desarrollo del Standard Forestal, los Grupos Interinstitucionales para el Inventario Forestal Nacional, Bosques y Cambio Climático, entre otros. (Agenda Nacional Forestal, 2003)

Se han llevado a cabo varias gestiones en las áreas de política forestal, institucionalización del subsector, coordinación intra e intersectorial, desarrollo de diagnósticos, proyectos, programas y capacitaciones. En el período de 2001-2002, se llevó a cabo una documentación de los avances de la década de 1900-2000 y en el 2002 se presentó la agenda para la década 2003-2012. (Agenda Nacional Forestal, 2003)

El subsector forestal se creó con dos objetivos primordiales que se complementan entre sí, cada uno de ellos tiene dos líneas de trabajo que se explican a continuación:

- Conservación de ecosistemas forestales: se refiere no solamente a bosques sino también a recursos hídricos, fijación de carbono, conservación de las especies y mantener la

biodiversidad. Se busca mantener una producción sostenible de bienes y servicios ambientales para el beneficio de la flora, la fauna y de la población. Establecer áreas y brindarles protección en las regiones que sean críticas y que estén en peligro. Esto incluye la erosión de los suelos, el cambio de uso de suelos a agricultura y la tala y extracción ilegal.

- Reconocer e informar el valor económico del bosque natural para que la población identifique y perciba la importancia del mismo. Se busca que los habitantes internalicen el aprecio al bosque para reducir la probabilidad del cambio del uso de suelo. Se promueven e incentivan el uso de tierras para bosques. (Agenda Nacional Forestal, 2003)

Mejoramiento y mantenimiento de la calidad de vida de los habitantes mediante el uso identificable, rentable y sostenible de los recursos forestales. Fomentar el uso sostenible de bosques en las industrias que utilizan recursos forestales. Entre éstas, se incluyen la industria maderera, energía ecoturismo y el uso del agua. Proteger ecosistemas forestales que responderán a las necesidades de servicios ambientales para mejorar la calidad de vida de los guatemaltecos. (Agenda Nacional Forestal, 2003)

El subsector forestal estaba tradicionalmente enfocado únicamente en los bosques. Sin embargo, éste abarca todos los ecosistemas forestales y se debe involucrar a las entidades correspondientes. El PNFG tiene las siguientes características:

- Considera el marco institucional legal vigente.
- Integra el diálogo internacional forestal.
- Considera el entorno completo del subsector forestal.
- Integra un programa nacional de desarrollo.
- Considera actividades de otros sectores y cómo estos los afectan.
- Utiliza modalidad participativa para sacar el mayor provecho al subsector.
- Tiene carácter descentralizado para fortalecer entidades regionales.
- Delimita áreas protegidas para su conservación.
- Fomenta el análisis, debate y propuesta entre las partes interesadas.
- Crea un mecanismo que prepara, sigue, evalúa y revisa sus actividades. (Agenda Nacional Forestal, 2003)

13.2. Políticas sectoriales e intersectoriales

13.2.1. Política Nacional Forestal:

La ley forestal también establece la necesidad de la redacción y ejecución de una política forestal para Guatemala, elaborada por el MAGA, el INAB, el CONAP, y el PAFG. (Ley Forestal, 1996) El CONAP manifestó la necesidad de la creación una política de Biodiversidad y del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP) que maneja los aspectos forestales de una manera directa. Para el adecuado funcionamiento de estas dos políticas, el INAB y el CONAP deben trabajar de manera conjunta para gestionar correctamente los recursos forestales. (Agenda Nacional Forestal, 2003)

La política forestal incluye los siguientes temas básicos:

- Oferta de bienes y servicios forestales a la sociedad.
- Ordenamiento territorial en las zonas rurales.
- Sostenibilidad de los recursos forestales.
- Conservación de la biodiversidad.
- Participación equitativa y empresarialidad.
- Fomento de la competitividad.
- Estabilidad de normativas.
- Monitoreo y evaluación estratégica.
- Conformación de bloques regionales. (Agenda Nacional Forestal, 2003)

Adicionalmente, considera los siguientes planes de acción y estrategias:

- Fortalecimiento del SIGAP.
- Fomento del manejo productivo de bosques.
- Promoción de silvicultura.
- Fomento de la modernización de la industria de transformación primaria y secundaria.
- Búsqueda y penetración de mercados de productos forestales.
- Diseño de productos. (INAB/FAO, 2004)

Se establece el apoyo al sector privado a través de subsidios directos y se apela a la cooperación internacional. La comunidad muestra su apoyo por ser Guatemala de los principales bosques del mundo. Esto hace que se espere un mayor fomento al manejo sostenible de los bosques. Además, el INAB ha venido trabajando en la posibilidad de devolverle influencia y

facultad a las municipalidades de decidir sobre sus recursos forestales mediante el proyecto del Fortalecimiento Forestal Municipal y Comunal. (INAB/FAO, 2004)

Los planes forestales nacionales se plantean con un horizonte de 10 años que, en este caso abarca de 2003 al 2012. (Agenda Forestal Nacional, 2003) Sin embargo, los estudios de tendencias llegan a abarcar 20 años. (INAB/FAO, 2004)

Para la aplicación del PNFG, existen varias leyes, reglamentos y normativas que deben tomarse en cuenta y cumplirse por influir directa e indirectamente en el subsector forestal. Las tres principales son la ley Forestal, la Ley de Áreas Protegidas y la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. (Agenda Nacional Forestal, 2003)

Brevemente, la Ley Forestal tiene aplicación en todas las tierras con vocación forestal ya sea que tengan o no vegetación y no abarca las áreas protegidas. (Ley Forestal, 1996). La Ley de Áreas Protegidas fue decretada en 1989 y es de igual importancia y bastante similar, pero tiene aplicación en el SIGAP y se empeña en la conservación de la flora y fauna silvestre en todo el país. La Ley de Protección y Mejoramiento del Medio ambiente data del año 1986 no tiene relación directa con los recursos forestales, pero en sus temas están implícitos los intereses por la protección de recursos forestales y tiene influencia en sus políticas. (Agenda Nacional Forestal, 2003)

13.2.2. Política Nacional para el Desarrollo del SIGAP: Tiene como objetivo la utilización sostenible del patrimonio ambiental del país para mejorar la calidad de vida de los guatemaltecos utilizando las siguientes estrategias:

- Administración general e integral del SIGAP.
- Fortalecimiento de la representatividad del SIGAP.
- Fortalecimiento del uso productivo y sostenible de bienes y servicios ambientales.
- Restauración ecológica de los espacios deteriorados.
- Aumento de la disponibilidad de información accesible al público para la generación de una consciencia social.
- Fomento y fortalecimiento de la participación de la sociedad civil en temas ambientales.
- Aseguramiento de sistemas de financiamiento para el funcionamiento del SIGAP. (INAB/FAO, 2004)

13.2.3. Política Agropecuaria: El Fondo de Tierras plantea el acceso a y la promoción del uso sostenible de los recursos naturales. El Ministerio de Agricultura, ganadería y Alimentación (MAGA) puede influir positivamente con su política que tiene relación con la generación de empleos agrícolas y no agrícolas en las regiones rurales. Adicionalmente, plantea la conservación del recurso hídrico y fomentar el uso de suelos con vocación forestal. Esto lo logrará mediante la promoción de la producción forestal con fines comerciales de una manera sostenible, el acrecentamiento de incentivos forestales, y la promoción de la generación del valor agregado en los productos forestales. (INAB/FAO, 2004)

13.2.4. Política ambiental: Irónicamente, Guatemala es un país que ha basado su economía principalmente en la agricultura siendo la mayoría de su territorio de vocación forestal. Esta política nace en el contexto de los Acuerdos de Paz y pretende promover la conservación y protección del medio ambiente previniendo su deterioro en un contexto saludable de equidad social, económica, ecológica y ambiental. Sin embargo, todavía existen muy pocas políticas y leyes implementadas para afrontar estos problemas en Guatemala. (INAB/FAO, 2004)

13.2.5. Política del ecoturismo: A través del turismo, Guatemala tiene la oportunidad de diversificar su estructura macroeconómica y de brindarles a las personas de las zonas rurales la oportunidad de participar en una actividad alternativa a los monocultivos y cultivos de subsistencia. El Instituto Guatemalteco de Turismo (INGUAT) observa la necesidad de proporcionar, mediante la política de ecoturismo, las condiciones para el turismo sostenible evitando malas prácticas, fomentando el desarrollo sostenible e incentivando el uso de energías alternativas y limpias. (INAB/FAO, 2004)

13.2.7. Política de descentralización: En la Constitución Política de Guatemala se encuentra la normativa de descentralización del poder en el país. El INAB ha impulsado un modelo de administración mediante las Oficinas Forestales Municipales. El CONAP ha desarrollado el otorgamiento de concesiones en Petén. Las oficinas forestales constituyen un espacio de comunicación entre líderes comunitarios que estén involucrados y/o interesados en el manejo de conflictos rurales. Los ingresos a estas municipalidades son el 10% de los ingresos ordinarios del presupuesto y se deben repartir entre las municipalidades vigentes para llevar a cabo proyectos de infraestructura, servicios sociales y manejo de demás actividades entre las cuales están incluidas las acciones de aprovechamiento de recursos forestales. (INAB/FAO, 2004)

13.2.8. Política de fomento de competitividad: fomento de clústers: En el período de 1996-2000, se promueve la creación del Proyecto Regional de Competitividad financiado por el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE). El proyecto se concreta en 1997 y se definen dos ejes de trabajo 1) en áreas de trabajo del clima de negocios y 2) el fortalecimiento de clústers. Dentro de los cuatro sectores prioritarios para aumento de la competitividad se incluyen: agroindustria alimenticia, vestuario y textiles, turismo y forestal. El objetivo principal del desarrollo del clúster forestal es promover las acciones y tendencias para aumentar el nivel de competitividad de las empresas del sector involucradas directamente en la cadena productiva. Entre estos participantes están:

- Productores de semilla.
- Productores de plantas.
- Reforestadoras.
- Silvicultores.
- Industria primaria.
- Industria secundaria. (INAB/FAO, 2004)

El desarrollo del Clúster Forestal, que involucra a todos los actores previamente mencionados, centra sus esfuerzos en tres áreas específicas:

1. Competitividad.
2. Promoción de inversiones locales y extranjeras.
3. Promoción de negocios. (INAB/FAO, 2004)

13.3. Ley Forestal

El Congreso de la República de Guatemala decreta la Ley Forestal según decreto 101-96. En ésta se crea el Instituto Nacional de Bosques (INAB) y se le atribuye un carácter "de entidad estatal, autónoma, descentralizada con personalidad jurídica, patrimonio propio e independencia administrativa." (Ley Forestal, 1996)

El INAB es la entidad de dirección y autoridad en el tema forestal y tiene las siguientes atribuciones:

1. Ejecutar las políticas forestales acordes a los objetivos de esta ley.
2. Impulsar el desarrollo forestal basado en los recursos forestales y la protección.

3. Promover la investigación para el desarrollo de información forestal.
4. Llevar a cabo programas y proyectos para desarrollar los bosques a nivel nacional.
5. Administrar las concesiones forestales FUERA de las áreas protegidas.
6. Incentivar las carreras técnicas y profesionales en materia forestal.
7. Crear un reglamento específico para la institución. (Ley Forestal, 1996)

La junta directiva requerirá que los miembros sean guatemaltecos de reconocida honorabilidad y de preferencia profesional universitario que no tenga ninguna disposición legal pendiente al momento de su nominación. Estos miembros serán electos para un período de dos años pudiendo optar a hasta un máximo de dos períodos adicionales. (Ley Forestal, 1996)

El INAB podrá dar concesiones de tierras del Estado divididas en dos categorías:

1) Áreas con bosque.
2) Áreas sin bosque.

Se deberán cumplir las siguientes características y condiciones:

- El área deberá tener la extensión suficiente para un manejo rentable y sostenible.
- Los concesionarios deben ser personas individuales o jurídicas guatemaltecas.
- Se tendrá preferencia a las concesiones comunales que estén debida y jurídicamente organizadas.
- Se deberá otorgar una fianza suscrita por una afianzadora nacional o por una organización no gubernamental reconocida por el INAB con fianza fiduciaria.
- De resultar incumplimiento, se da por terminada la concesión y se ejecuta la fianza.
- El INAB realizará un monitoreo periódico anual y una evaluación quinquenal.
- Se deberá realizar una oferta pública en diario oficial, en uno de mayor circulación y en radio local.
- El INAB requerirá un Plan de manejo que contenga un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y planes operativos quinquenales.
- El plazo será de hasta cincuenta años dependiendo del tipo de bosque y su regeneración.
- El pago de la concesión estará destinado en un 50% a la o las municipalidades de la jurisdicción como fondos específicos a planes forestales, y 50% al Fondo Forestal Privativo del INAB. (Ley Forestal, 1996)

14. ENTIDADES Y ACTORES

14.1. Gubernamentales

14.1.1. INAB:

La ley forestal define como la principal entidad encargada de la dirección y aplicación de la misma al Instituto Nacional de Bosques (INAB) la cual es una entidad estatal, autónoma, descentralizada, con personalidad jurídica, patrimonio propio e independencia administrativa, es el órgano de dirección y autoridad competente del sector forestal. (Ley Forestal, Título II, Capítulo I 1996)

Específicamente, las funciones más importantes de esta entidad consisten en la supervisión y ejecución las políticas forestales, fomentar el desarrollo industrial y artesanal forestal bajo la protección del mismo recurso, impulsar y coordinar programas de investigaciones de desarrollo y conservación forestal por medio de universidades y otros entes, manejar las concesiones forestales y áreas protegidas e incentivar el estudio profesional y técnico enfocado a la industria forestal. Las municipalidades y comisiones del medio ambiente apoyan a esta entidad en sus funciones y realización de programas educativos, así como tener la función de portavoces en toda la república. (Ley Forestal, Título II, Capítulo I 1996)

El INAB cuenta en su estructura con una junta directiva y una gerencia, en las cuales participan el Ministerio de Agricultura, de Finanzas Públicas, representantes de las Municipalidades, escuelas forestales, la Cámara de la Industria, universidades con estudios forestales y de las ONG. Estos están encargados de manejar las unidades técnicas, científicas y administrativas que hagan cumplir sus funciones. (Ley Forestal, Título II, Capítulo II 1996)

El patrimonio actual del INAB se constituye por el Fondo Forestal Privativo, activos de la Dirección General de Bosques y Vida Silvestre, donaciones del Estado y cualquier otro tipo de entidad, asignación presupuestaria (no menos del 10% del gasto del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación) y bienes propios. (Ley Forestal, Título II, Capítulo III 1996) .

14.1.2. CONAP:

Para el aseguramiento de la protección de áreas forestales, el Consejo Nacional de Áreas protegidas (CONAP) la cual es una entidad pública regida por la ley de Áreas Protegidas, la cual se encarga del manejo y coordinación de éstas en forma legal. Es el órgano máximo de la dirección y coordinación del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas

(SIGAP), con jurisdicción en todo el territorio nacional, sus costas marítimas y su espacio aéreo. Entre sus funciones se encuentra asegurar la conservación de niveles socialmente deseables de diversidad biológica a través de áreas protegidas y otros mecanismos de conservación, y mantener la generación de servicios ambientales para el desarrollo social y económico de Guatemala en beneficio de las presentes y futuras generaciones. Cuenta con una dirección técnica y una administrativa y se financia de forma similar al INAB, con autonomía funcional con patrimonio propio, donaciones del estado y otras entidades. (CONAP, 2011)

14.1.3. Otras instituciones: Existen otras instituciones que se relacionan directa e indirectamente con el sector forestal, las cuales se presentan en la tabla de la siguiente página, en la cual ya se encuentran incluidos el INAB y el CONAP. Además de esto se han ratificado hasta el 2000, 46 Convenios y Acuerdos de carácter internacional y regional sobre asuntos del medio ambiente, entre los que figuran los bosques. Algunos de estos son la Convención sobre Diversidad Biológica, Convenio Marco sobre el Cambio Climático, Protocolo de Kioto, el Convenio sobre el Combate a la Desertificación, Convención Internacional sobre el Tráfico de Especies de Flora y Fauna en Peligro de Extinción y el Convenio de Humedales. De carácter centroamericano se encuentran la Alianza Centroamericana para el Desarrollo Sostenible el Acuerdo constitutivo de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo y los Convenios Centroamericanos sobre Bosques, Biodiversidad y sobre el Cambio Climático. Guatemala es miembro de la Organización Internacional de las Maderas Tropicales entre otros que se muestran a continuación. (Agenda Forestal Nacional de Guatemala, 2003)

Tabla 47. Organizaciones gubernamentales

	Vinculo directo	Vinculo indirecto
Legislación	Ley Forestal, Decreto 101-96.Ley de Áreas Protegidas, Dto. 04-89.	Ley de Medio Ambiente, Decreto 68-86. Ley del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Dto. 90-2000. Ley de Consejos de Desarrollo, Dto. 11-2002. Código municipal, Dto. 12-2002. Ley de Descentralización, Decreto 14-2002.

Continuación tabla 47

	Vinculo directo	Vinculo indirecto
Instituciones del estado	MARN.CONAP.INAB.MAGA. Fiscalía de Delitos Contra el Medio Ambiente.Procuraduría del medio Ambiente.	Municipalidades. Consejos de Desarrollo. Policía Nacional Civil. Organismo Judicial. Oficina Reguladora de la Áreas de Reserva Territoriales del Estado (OCRET). MEM, INGUAT, INFOM. Comisiones de Agricultura y Medio Ambiente, Congreso de la República. Fondos Sociales. Fondo Guatemalteco del Medio Ambiente (FOGUAMA). Fondo Nacional Para la Conservación de la Naturaleza (FONACON). Autoridades Para el Manejo de Lagos (Amátitlan, Izabal y Río Dulce, Atitlán).

FUENTE: Agenda Forestal Nacional de Guatemala, 2003

14.2. No Gubernamentales

Estos actores se encuentran en su mayoría entre instituciones de la sociedad civil, repartidos en gremios forestales y reservas privadas que fomentan de forma privada el manejo sostenible de bosques en el país, del mismo modo entran organismos externos al país apoyados por las Naciones Unidas para el manejo adecuado mundial de bosques, en la siguiente tabla se observa un resumen de los actores no gubernamentales que participan en el control del sector forestal sector forestal.

Tabla 48. Organizaciones no gubernamentales

Instituciones de la Sociedad Civil	Gremios y asociaciones forestales. Comunidades rurales.Reservas privadas. Usuarios y beneficiarios de los otros bienes y servicios del bosque (agricultura, turismo, energía).	Universidades y escuelas de formación en manejo de recursos naturales. Banco Nacional de Desarrollo Rural (BANRURAL). Comité de Asociaciones Agrícolas, Comerciales, Industriales y Financieras (CACIF- Gremial Forestal). Asociación Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales (AGEXPRONT). Asociación de Organizaciones de Recursos Naturales y Medio Ambiente (ASOREMA). Oficina Guatemalteca de Implementación Conjunta. Empresas consultoras.
Organismos de cooperación		Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Banco Mundial (BM). Agencias internacionales de cooperación técnica y financiera. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT).

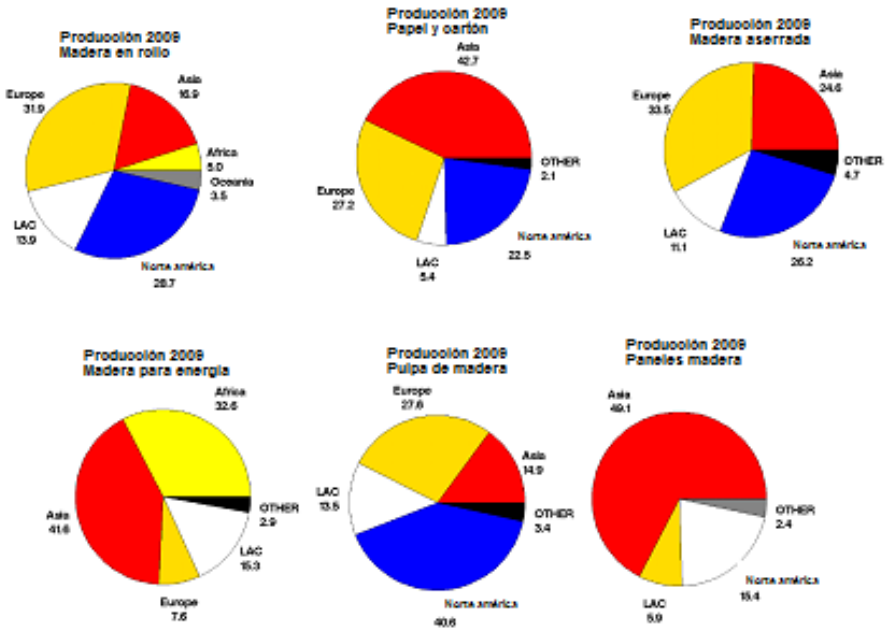
FUENTE: Agenda Forestal Nacional de Guatemala, 2003

15. REFERENCIA FORESTAL MUNDIAL

15.1. Nivel Global

15.1.1. Mercado Global: El mercado forestal global se encuentra según estudios realizados al 2009 distribuido en porcentajes de la siguiente forma (en producción y comercio) en el siguiente orden de izquierda a derecha y arriba a abajo: madera de uso industrial, papel, madera aserrada, madera combustible, celulosa y paneles a basa de madera.

Figura 117. Producción maderable mundial 2009



FUENTE: FAO.org 2011 The Forestry Domain

15.1.2. Mercado Latinoamericano: A nivel latinoamericano, para el 2010 alrededor del 14% del área forestal está designada para producción, comparado con un promedio mundial del 30%, conteniendo 10% del área forestal mundial para propósitos productivos. Guyana posee el área de mayor producción con un 97%, seguido de Uruguay con 64%, Haití con 54% Venezuela 49% y Chile 46%. (The state of forest resources, 2011) Esto se puede observar en resumen en la siguiente tabla:

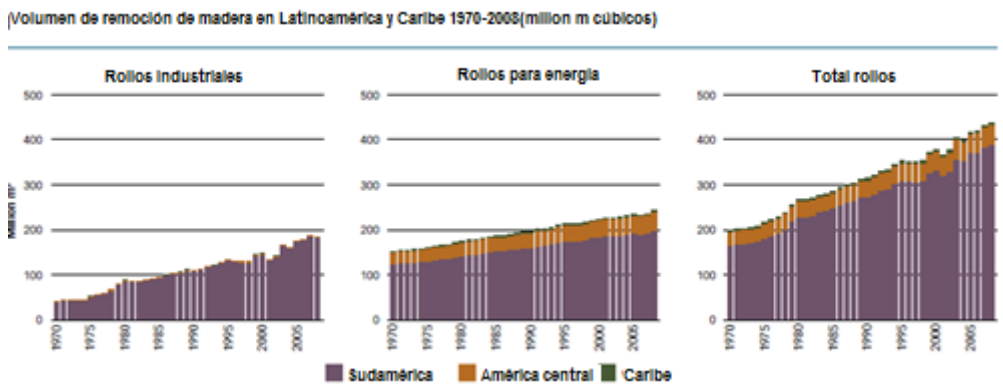
Tabla 49. Producción latinoamérica 2010

Subregion	Area (1 000 ha)			Cambio anual (1 000 ha)		Tasa cambio anual (%)	
	1990	2000	2010	1990–2000	2000–2010	1990–2000	2000–2010
Caribe	879	860	1 028	-2	17	-0.21	1.80
America Central	1 743	1 620	1 522	-12	-10	-0.73	-0.62
Sur America	70 857	75 866	80 827	501	496	0.69	0.64
Total	73 478	78 346	83 378	487	503	0.64	0.62
Mundo	1 181 576	1 160 325	1 131 210	-2 125	-2 911	-0.18	-0.25

FUENTE: The state of forest resources, 2011

La remoción de madera ha crecido en las dos décadas pasadas, la mayor parte como leña (57%) del total. En Centroamérica el 90% de remoción fue por leña, como se observa en la siguiente gráfica, comparado con el resto de Suramérica. (The state of forest resources, 2011)

Figura 118. Remoción madera Latinoamérica



FUENTE: The state of forest resources, 2011

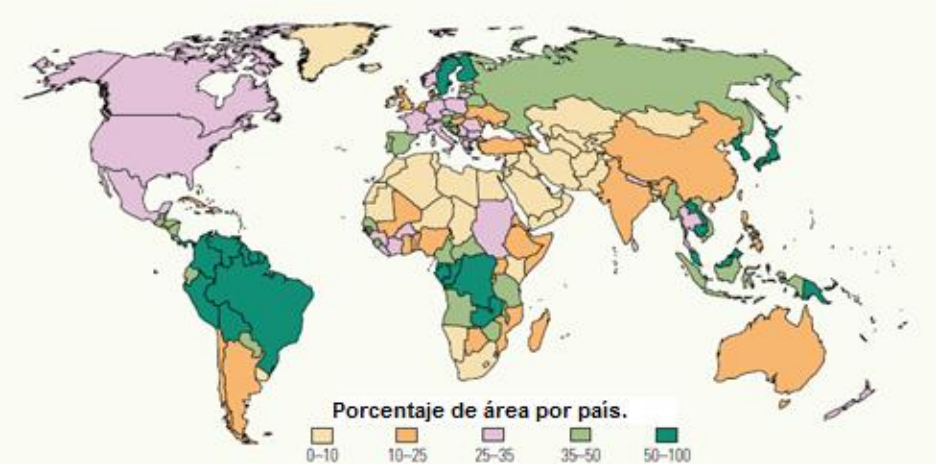
15.1.3. Cobertura global de bosques: Como antecedentes se evaluaron estudios realizados al 2005, los cuales muestran que el 30% del área terrestre estaba cubierto de bosque, lo que es alrededor de 3,952 millones de hectáreas, de estos el 93% de éstos son naturales y el 7% restante es plantado. Para esta misma fecha, alrededor de dos tercios satisfacen el consumo industrial de madera mundial. Debido a esto la deforestación afecta 13 millones de hectáreas en 5 años (2000 a 2005) y la pérdida neta de bosque es de 7.3 millones de hectáreas por año, dándose

gran parte en países tropicales (por lo general en vías de desarrollo) y los bosques de los países desarrollados perciben manejo estable y hasta creciente de áreas forestales. (FAO Forestry 2007)

Entre 1990 y 2005 la cantidad de territorio forestal dedicado a la conservación aumentó un 32%, indicando compromiso político de mantener bosques, significando esto un 11% de éstos protegidos del total. A pesar de esto, la tala ilegal reporta perdidas entre 10 y 15 mil millones de dólares en pérdidas de recursos forestales. En países en vías de desarrollo, la leña es el combustible dominante para más de 2 mil millones de personas con escasos recursos, siendo en África donde se observa más esto, donde el 80% de la madera se utiliza para energía casera.

Todo esto se muestra en el siguiente gráfico, donde se resalta mayor porcentaje de área forestal en países sudamericanos, a pesar de experimentar alta deforestación, mostrándose el dato.

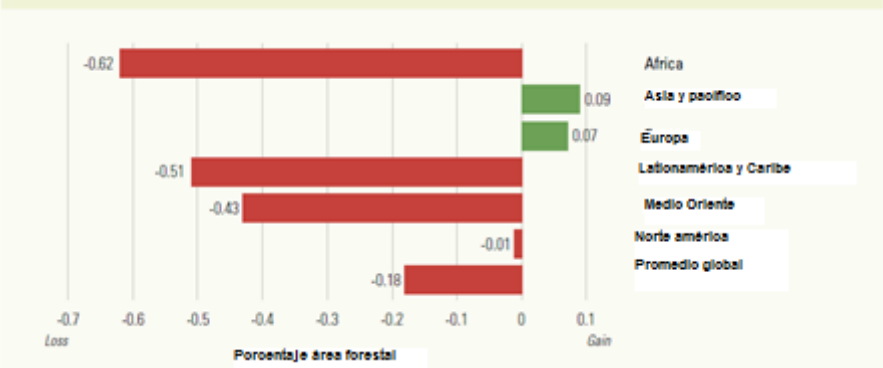
Figura 119. Área forestal global 2007



FUENTE: FAO.org 2011 The Forestry domain

Como se observa los países en desarrollo latinoamericanos poseen el mayor porcentaje de área forestal, a pesar de que la deforestación es un problema que afecta mayormente a estos, perdiendo bosques con año, en contraste siendo Asia y Europa los continentes que logran aumentar su área boscosa con los años, como se observa en la siguiente gráfica de cambio neto de bosques en un período de 5 años.

Figura 120. Cambio neto anual 2000 - 2005



FUENTE: FAO State of the World's Forests 2007

De esto se observa que solamente Asia y Europa muestran superávit boscoso constante. Para el 2010 el área forestal total mundial se encuentra por 4 mil millones de hectáreas, lo cual corresponde al 31% en relación al área terrestre, por lo que no ha habido gran variación en los últimos 5 años, más que un crecimiento del 1%. Los países con más riqueza forestal (Rusia, Brasil, Canadá, Estados Unidos y China) poseen más de la mitad el área forestal total. Diez países no tienen bosque y 54 más tienen menos del 10% de su territorio en bosques. Mientras la tasa de pérdida de bosques por causas naturales se considera alarmantemente alta, esta ha disminuido con el tiempo, ya que a nivel global bajó de 16 millones de hectáreas por año en los noventas a 13 millones por año en la última década. Aunado a esto la reforestación y expansión natural ha disminuido la tasa neta de perdida de bosques. Sin embargo como ya se vio en el entorno 2000-2005, actualmente la mayor pérdida se da en áreas tropicales y el mayor crecimiento en áreas boreales con economías emergentes, las regiones ya mencionadas. Ha habido del mismo modo progreso en el desarrollo de políticas forestales, ya que en 76 países se han mejorado y actualizado desde el 2000 y otros 69 se han hecho enmienda desde el 2005, principalmente Europa y África. El 75% de los bosques se encuentran supervisados por algún tipo de programa. (The state of forest resources, 2011)

15.1.4. Cobertura de bosques en Latinoamérica: Para lograr visualizar en el contexto global que se encuentra Guatemala, se reduce el campo de estudio global hasta Latinoamérica y Caribe, donde actualmente se cuenta con abundantes recursos forestales, con 49% del área total cubierta en bosques para el 2010, y con 891 millones de hectáreas, aporta alrededor del 22% de área forestal mundial. Brasil por sí solo contribuye al 13% del área global forestal y

posee la mayor extensión de bosques tropicales, siendo los siguientes con mayor territorio boscoso Perú, Colombia, Bolivia y Venezuela. (The state of forest resources, 2011)

El área forestal siguió en declive en Centro y Suramérica por la deforestación que abre paso a la urbanización y agricultura, siendo donde mayor declive hay en área forestal, lo que se ha reducido, aunque lentamente, desde los años noventa. Lo anterior se puede observar en la siguiente gráfica:

Tabla 50. Área forestal Centroamérica y Caribe.

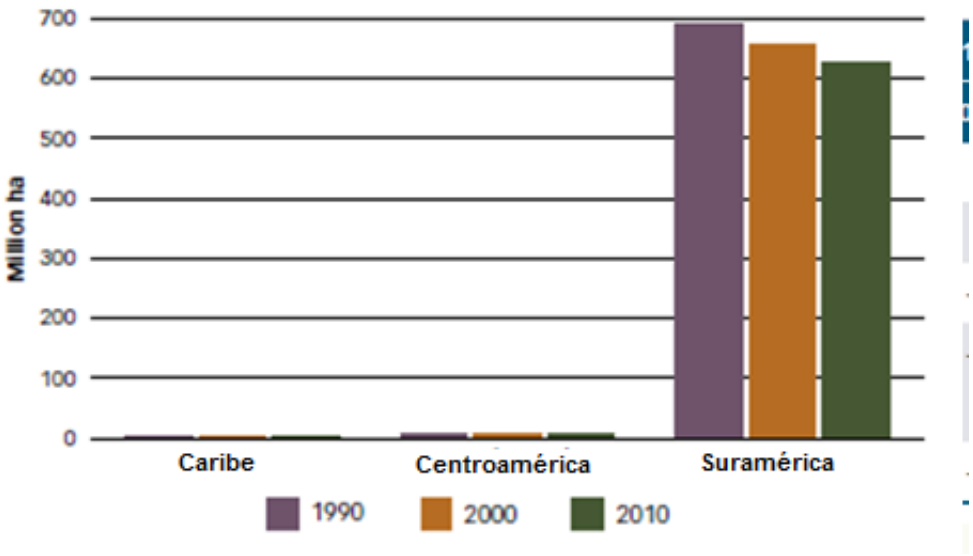
Subregion	Area (1 000 ha)			Cambio anual (1 000 ha)		Tasa cambio anual (%)	
	1990	2000	2010	1990–2000	2000–2010	1990–2000	2000–2010
Caribbean	5 901	6 433	6 932	53	50	0.87	0.75
América Central	25 717	21 980	19 499	-374	-248	-1.56	-1.19
Suramérica	946 454	904 322	864 351	-4 213	-3 997	-0.45	-0.45
Total	978 072	932 735	890 782	-4 534	-4 195	-0.47	-0.46
Mundo	4 168 399	4 085 063	4 032 905	-8 334	-5 216	-0.20	-0.13

FUENTE: The state of forest resources, 2011

El área donde más bosque se pierde se da en Centro América, aunque ha disminuido la tasa desde el 2000, siendo Costa Rica el país que más ha logrado aumentar su área forestal. En el caribe se ha logrado también expansión, sobre todo en área abandonada previamente agrícola. (The state of forest resources, 2011)

Los bosques primarios en Latinoamérica y Caribe cuentan por 75% del área forestal total y contiene 57% de los bosques primarios mundiales, muchos de estos encontrándose en áreas inaccesibles o protegidas; a pesar de esto se ha reportado pérdidas de bosque primario fuera de áreas protegidas. En Centroamérica se han perdido 54,000 hectáreas de 1990 a 2000 y 74,000 de 2000 a 2010. En la siguiente gráfica se observa con detalle el área de bosque en millones de ha forestal de Centroamérica con respecto al resto de Latinoamérica, observando una diferencia contrastante y demuestra que una pérdida de esta magnitud afecta más a Centroamérica que a Latinoamérica en general:

Figura 121. Área de bosques Centroamérica vs Suramérica



FUENTE: The state of forest resources, 2011

15.2. Nivel Nacional

15.2.1. Situación general de Guatemala: Para determinar un entorno forestal en el país, se debe definir la situación geográfica y demográfica del país; actualmente y según cifras de FAO, Guatemala se define literalmente de la siguiente forma: <<posee una superficie territorial de 108,889 km² y se encuentra dentro de las coordenadas geográficas 13º 44'a 87º 03' Latitud Norte y de 87º 03' a 92 13' Longitud Oeste, en el Meridiano de Greenwich; limita al Norte y Oeste con México; al Sur, con el Océano Pacífico y al Este, con Belice, Hondura, El Salvador y el Océano Atlántico. Es un país territorialmente pequeño pero con una alta diversidad natural y cultural. Su condición de puente entre dos masas continentales, la variedad edáfica y de formas terrestres, la amplitud pluvial, térmica y altitudinal, entre otros factores, son responsables de la existencia de una alta variedad de ecosistemas y de especies. Los aspectos socio-culturales, se determinan inicialmente por una población de aproximadamente 14.7 millones de habitantes(INE) al 2011; el idioma oficial es el Español, aunque existen 21 idiomas que se hablan en distintas regiones del país, y según la Academia de Lenguas Mayas, la población guatemalteca maya constituye más del 60 por ciento de la población total del país. Además, se indica que la sociedad guatemalteca está conformada por cuatro etnias: la Xinca, la Garífuna, la Ladina y la Maya.>> (Estudio de tendencias

del sector forestal, 2004). Esta diversidad natural y étnica ha generado a su vez, distintas y variadas formas de interacción y uso de las especies silvestres así como una intensa domesticación que aporta a la dieta de los guatemaltecos y muchos países del mundo. Guatemala como parte de Mesoamérica se ubica en uno de los ocho centros mundiales principales de origen de plantas cultivadas.

Pasando a la generación del valor, el PIB generado por la actividad productiva de Guatemala en el año 2001, fue de 20,176 millones de dólares; de los cuales el sector agropecuario en el cual se contabilizan las actividades derivadas de la silvicultura, aportó el 22.6 por ciento (4,560 millones de dólares). El subsector forestal y sus actividades que se encuentran interrelacionadas aportan al PIB aproximadamente el 2.5 por ciento y representa el 6.6 por ciento al contarlo con el total agropecuario. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004)

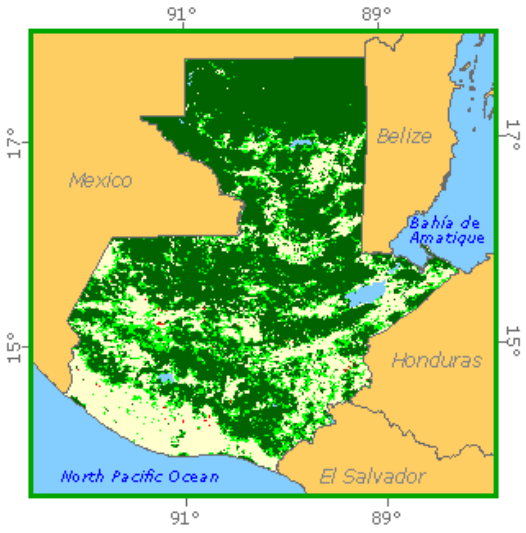
A pesar de la cifra mostrada se sabe que la contribución real al PIB es mucho mayor en las cuentas nacionales, ya que no se cuentan muchos de los aportes del sector, por ejemplo al sector de energía como la leña, ni tampoco se toman en cuenta los servicios ambientales que las masas boscosas otorgan a la sociedad guatemalteca, debido a un Sistema de Cuentas Nacionales desactualizado y anticuado, con un patrón de cálculo desarrollado desde 1958 que no permite visualizar en toda su magnitud los aportes del sector forestal al PIB nacional. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004)

15.2.2. Situación del área forestal en Guatemala: El 45.4% del territorio guatemalteco está cubierto de bosques, los cuales se contabilizan en: En la categoría de bosques se desglosa en 22,444 km2 de latifoliadas (59.5%), 1,016 km2 de coníferas (2.7%), 4,592 km2 (12.1%) de bosque mixto y 177 km2 (0.4%) de mangle. Dentro de esto, se contabilizó 37,718 km2 de bosque de las categorías: latifoliadas, coníferas, mixtos y mangles. El resto es bosque secundario/arbusto. Para el 2001, se registran en Guatemala aproximadamente un total de 71,000 ha de plantaciones, de las que un 27% corresponde a plantaciones establecidas en el marco del programa de incentivos fiscales que funcionó desde 1975 hasta 1995 y un 7.7% al Programa de Reforestación del Nor-Oriente. El resto corresponde a plantaciones voluntarias (12%), plantaciones por incentivos forestales (36%) y compromisos de reforestación por autorización de aprovechamientos forestales (16.5%). Debido a los problemas institucionales la situación bajo esta última modalidad es incierta en registros y en calidad. (Agenda forestal nacional, 2003)

La deforestación anual entre 1990 y 2000 fue de 54,000 hectáreas y 2.8 millones (casi toda el área boscosa) protegida por el Sistema Nacional de Conservación (FAO Forests and forestry sector, 2004) El potencial de aptitud forestal en el territorio de Guatemala es de 51%. Se sabe que Guatemala cuenta con 33,556.25 Km2 de tierras de aptitud destinadas a la actividad forestal, desprovistas de bosque, la mayoría en las regiones forestales de Nororiente (20.4%), Las Verapaces (14.5 %), Petén (15.7%), Suroriente (14.8%) y Occidente (12.6%) Estimaciones preliminares señalan un 8.9% (5,000 km2) con posibilidades a corto plazo de ser nuevamente incorporadas a la actividad forestal productiva vía restauración (plantación, regeneración natural o exclusión). Las regiones donde tienen lugar las mayores pérdidas son Petén y Las Verapaces. La principal causa es el cambio de uso de la tierra generalmente para actividades agrícolas y de ganadería con un 90% (el resto como sigue: agricultura migratoria, 79%; ganadería extensiva, 10%; talas ilícitas, 5%; consumo de leña, 3%; incendios forestales, 2%; plagas y enfermedades, 2% y agricultura comercial, 0.5%). Asimismo, se calculó una mayor pérdida en la familia de coníferas dada su superficie menor y la dinámica a que es sometido por razones socioeconómicas. En el caso de la latifoliadas, se pierde mayor superficie, en términos relativos es una tasa menor que la de coníferas. (Agenda forestal nacional, 2003)

El mapa a continuación muestra las localizaciones de áreas boscosas, indicando mayor presencia en las áreas más obscuras.

Figura 122. Cobertura forestal en Guatemala



FUENTE: FAO Forested Areas

La explotación forestal sigue cada vez más criterios de sostenibilidad y las normas con presunta mayor atención en las áreas más obscuras del mapa. El porcentaje más alto de deforestación cae en los bosques de hojas anchas de las tierras bajas del norte (Franja Transversal del Norte y Petén), seguido por bosques de pinos y mangles. (FAO Forests and forestry sector, 2004)

15.2.3. Situación de la industria forestal en Guatemala: El volumen anual promedio extraído entre 1993 y 2001 fueron más de 14 millones de metros cúbicos, aproximadamente 95% fueron consumidos como leña y carbón y el restante medio millón de metros cúbicos por la industria forestal, concluyendo que la mayoría de la cosecha forestal es para uso doméstico. Además, se estima que 11 millones de metros cúbicos se pierden debido a la expansión de la agricultura. (FAO Forests and forestry sector, 2004)

Esto supone que existe posibilidad de tener masa crítica de plantaciones con capacidad de suplir actividades de transformación industrial, tanto con productos de sierra como de otros de mayor valor (tableros, chips, pulpa, reciclaje) o sólo la producción de troza para el mercado nacional e internacional. (Agenda forestal nacional, 2003). Sin embargo en la realidad se observa otra situación, ya que la industria forestal se compone de 210 aserraderos, que trabajan a un tercio de su capacidad debido a la falta de materiales, también se cuentan con fábricas de plywood, de tablas compresas, una de pulpa y papel y diez plantas de reciclaje. La industria manufacturera, enfocada en muebles, consiste en 500 fábricas de muebles 2,000 talleres de carpintería, la mayoría de poca escala. En el periodo de 1994 a 2001, Guatemala exporto un promedio de 66 millones de dólares al año e importó 197.6 millones, teniendo un déficit de intercambio de 131.6 millones (FAO Forests and forestry sector, 2004). El rubro que más contribuye a la balanza negativa es el de papel y cartones, dado que el país no produce, es un importador neto. (Agenda forestal nacional, 2003)

En general, Guatemala mantiene una relación comercial con unos 14 países en exportación y unos 20 países en importaciones. Las cifras anteriores muestran entre otros aspectos una verdadera subutilización del potencial forestal de Guatemala. Las asociaciones forestales han crecido en los últimos años como producto de la necesidad de organizarse para enfrentar los retos que presenta el sector forestal. De las 16 organizaciones que actualmente se reconocen en el Subsector forestal, tres fueron fundadas antes de 1990, las otras 13 nacieron en los últimos 10 años. En cuanto al manejo forestal, para el año 2,000 se encontraban registradas 123 fincas mayores de 50 hectáreas con un total de 25,674 hectáreas; 16 concesiones forestales otorgadas en el departamento

del Petén con un total de 337,227 hectáreas; 13 unidades de manejo evaluadas con fines de certificación forestal, todas ellas dentro de las concesiones comunitarias. (Agenda forestal nacional, 2003).

Culturalmente se identifican variables que causan presión y abuso sobre recursos forestales, impiden el desarrollo de estas relaciones comerciales. Entre éstas se encuentra la pobreza (sobre todo extrema) y analfabetismo de la población. También otra variable es la falta de certeza jurídica sobre las propiedades, lo que dificulta el aprovechamiento de éstas. Lo anterior se ve más afectado por una serie de limitaciones de ejercicio de gobernabilidad. (Agenda forestal nacional, 2003).

De forma paralela a la industria principal, el INAB estima que el valor de los principales servicios proporcionados por los bosques es de Q24,520/ha, por los servicios de fijación de carbono, el servicio de protección de los suelos y el servicio de producción de agua. El 88% de la cobertura se encuentra localizada en 5 de los 22 departamentos del país. De acuerdo con los datos obtenidos del aprovechamiento registrado por el INAB y CONAP y de sus estimaciones realizadas sobre la tala ilícita, se pudo calcular que menos del 1% (0.62% equivalente a 13,888 ha) de la cobertura boscosa real del país (sin las áreas protegidas declaradas zonas núcleo) fue aprovechada durante 1997. (Agenda forestal nacional, 2003).

Un elemento importante de resaltar en el análisis del bosque es la incidencia de la leña. Si bien la leña es el principal producto que genera el subsector, también es la principal competencia de la industria forestal con valor agregado, y es uno de los principales elementos que provoca la deforestación, a pesar de que el 15% de la leña utilizada proviene del descombro de las plantaciones de café. (Agenda forestal nacional, 2003).

15.3. MIPYMES

El Acrónimo MIPYMES en toda América Latina significa Micro, Pequeñas Y Medianas empresas. Esto obviamente se da en Guatemala y se encuentra protegido y avalado por las instituciones forestales ya mencionadas y la ley forestal. Según el Ministerio de Economía, que alberga al Vice ministerio de la MIPYME, las micro, pequeñas y medianas empresas se definen de la siguiente manera:

- La microempresa: es una unidad económica de baja productividad y de baja capitalización, basada en el autoempleo y el empleo de 2 a 4 trabajadores asalariados. Consultas más recientes señalan que éstas se definen también por un volumen de ventas anual menor/ igual a US$ 7, 500.
- La pequeña empresa: es toda unidad de producción, que realiza actividades de trasformación, servicios o comerciales, con la participación directa del propietario y un máximo de 25 y sus ventas se sitúan entre US$ 7, 500 y US$.37, 500.
- La mediana empresa: Es toda unidad de producción, que realiza actividades de trasformación, servicios o comerciales, con la participación directa del propietario y un máximo de 60 trabajadores. Sus ventas se sitúan entre $EE.UU. 37,500 y $EE.UU. 375,000. (Diagnóstico Forest Connect, 2008)

El tipo de MYPYME de interés en este documento son las forestales, de las cuales no se ha realizado ningún estudio específico para definir cuántas operan en el sector. Los datos disponibles revelan que, en términos generales, la contribución de las industrias forestales primaria y secundaria asciende al 48 por ciento del PIB nacional, pero no se sabe cuántas de ellas son micro, pequeñas y medianas empresas. (Diagnóstico Forest Connect, 2008).

En términos generales, el ámbito de labor y el tipo de emprendimientos forestales que existen en el país varían grandemente, y se ve desde empresas que venden la madera aserrada en pie, ya sea legal o ilegal, a empresas forestales que exportan maderas con certificados, y productos manufacturados forestales con valor agregado. Las microempresas desarrollan actividades mediante "carpinterías de patio", pero pueden encontrarse hasta ebanisterías finas que elaboran piezas exclusivas de maderas preciosas. (Diagnóstico Forest Connect, 2008)

Además, existen MIPYMES forestales que se involucran en actividades de producción y comercio de productos no maderables, así como empresas comunitarias que prestan servicios de ecoturismo. También hay MIPYMES en el país que se dedican a dar asistencia técnica de manejo forestal, ejecución de programas de incentivos forestales y obtención de licencias, viveros y semilleros. (Diagnóstico Forest Connect, 2008)

15.4. Percepción general y expectativas del sector forestal

Teniendo como objetivo principal realizar una síntesis de la percepción general de las diversas instituciones acerca del sector forestal en Guatemala, sus leyes, sus políticas y sus planes a futuro, así como las conclusiones de sus estudios, se considera oportuno considerar varios puntos de vista y enfoques.

En la actualidad, ya existen varias iniciativas que tienen este objetivo o al menos algo muy similar en su fondo. Se debe partir siempre desde la ley y lo que ésta nos permite, por lo que se contempla la ley forestal para tener un marco de acción que nos dicta las acciones que podemos hacer y las instituciones responsables de los distintos eventos forestales. Estas instituciones también son las que regulan y protegen ciertas áreas en el territorio nacional.

De esto se tiene un plan de 10 años que está a punto de llegar a su fin. La Agenda Forestal es un plan de 10 años (2003-2012) en la que se plantean operaciones, movimientos políticos, estudios forestales y proyectos que tienen como objetivo mejorar el manejo de los bosques en Guatemala. Las operaciones involucradas contemplan los cambios en la industria. Los movimientos políticos toman en cuenta las elecciones y los efectos que éstas pueden tener en la continuidad de un plan forestal. Un aspecto muy importante es el de los estudios forestales que permiten tener una medida cuantitativa de lo que está sucediendo con los recursos forestales. Se puede medir el avance de tierras protegidas y la cantidad de hectáreas que ahora se encuentran registradas y cuál ha sido el aumento en éstas. Los proyectos se consideran como atracción de capital extranjero que considerará la industria forestal en Guatemala como una opción rentable y atractiva, por ejemplo el presente documento. (Agenda forestal nacional, 2003)

En estos proyectos se toma como base y movimiento impulsor la asociatividad y colaboración entre los diferentes actores del sector forestal para encaminarse en un proceso de análisis constante y mejora continua para el manejo de bosques y biodiversidad forestal. El diagnóstico del sector y su planificación para el corto, mediano y largo plazo solamente tienen sentido si se involucran todos (o la mayoría de) los participantes, quienes colaboran entre sí para comunicarse la información pertinente. Esta asociación permite que se congreguen y pongan de acuerdo en los análisis que van a llevar para tener indicadores del rendimiento forestal. Esto, a su

vez, permite abordar un plan de mejora continua que brindaría un aumento en la competitividad en el mercado mundial. (Política Forestal, 2001)

Para tener una base de información, se consideraron una gran variedad de factores como lo son políticas, leyes, factores socioeconómicos, tecnológicos y de mercado. A partir de estas tendencias analizadas se puede extrapolar a los años siguientes y tomar decisiones más acertadas. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004) Al haber cumplido con el objetivo de difundir la información a los participantes del sector forestal y aplicarla, se procede a fomentar una cultura forestal para beneficio de la sociedad guatemalteca. No es posible progresar si no existe una cooperación general de la población, por lo que hay que involucrarlos también. La cultura forestal incentivará a la gente a denunciar talas ilegales y robo de madera. Esto creará un sentimiento de pertenencia con los bosques, de este modo evitar el "lo que es de todos, no es de nadie." (Política Forestal, 2001)

La utilidad de tener una política explícita es que orienta todos los participantes del sector. Se puede tener una mejor planificación, ejecución y evaluación del sector si todos tienen el mismo objetivo en mente. Esta política compone objetivos, regiones de acción, estrategias a grandes rasgos, instrumentos de medición y una visión deseada del sector. No se incursionará en la mejora de todas las áreas del territorio nacional sino se tendrá enfoque en determinadas regiones críticas para optimizar los resultados. (Política Forestal, 2001)

Estas expectativas se tienen para dos enfoques distintos: para el bosque en sí y para los bienes y servicios derivados del bosque. Si bien se pretende conservar los bosques, también se busca que estos sean rentables y sean creadores de empleos. Esto trae a colación el problema de cuánto bosque se debe dejar sin talar y cuánto aprovechado para la creación de productos forestales. Además, esto también implica los planes de reforestación para que sean bosques sostenibles y no hayan desaparecido en cuestión de años por mal manejo. (Política Forestal, 2001)

Estas perspectivas son un fruto de los esfuerzos del Plan de Acción Forestal para Guatemala (PAFG), Instituto Nacional de Bosques (INAB), Unidad de Políticas e Información Estratégica (UPIE) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) y del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP). Se ha incluido la perspectiva de varios actores en el sector forestal con el objetivo de involucrarlos y que estos, por estar en relación directa con el bosque, revisen y propongan las modificaciones que consideren pertinentes. (Política Forestal, 2001)

Se debe adicionalmente percibir en las expectativas una cruda realidad política que es la falta de continuidad de proyectos entre gobierno y gobierno. Al haber cambio de todos los funcionarios en cambio de gobierno, la mayor parte de veces no se tiene continuidad en los planes. Los proyectos son abandonados y los únicos que son concluidos son los que tienen duración menor a 4 años. Éste es un grave problema para el sector forestal que, por las propiedades intrínsecas de los bosques, los proyectos solamente tienen sentido a partir de 20 años lo cual va mucho más allá de la ventana política de factibilidad.

16. PRINCIPALES PROBLEMAS EN EL SECTOR

16.1. Entorno general de conservación forestal:

El sector forestal en Guatemala se encuentra actualmente con diversos problemas los cuales no han hecho que un área con tanto potencial como lo es el país no se logre desarrollar de la manera adecuada; muchos de los problemas mostrados a continuación nacen de causas comunes, lo que hace que la actividad de la industria forestal se lleve de forma deficiente. (Agenda forestal nacional, 2003)

Para poder solucionar esto es necesario definir el sector y posteriormente la causa y sus problema. La definición general del sector según documentos de la MAGA es <<un subsistema del sistema económico nacional, que sobre la base de motivaciones y decisiones socioeconómicas y ambientales desarrolladas en torno de ecosistemas con distintos grados de intervención, cuyo componente dominante son los árboles, genera múltiples bienes maderables y no maderables y servicios ambientales, producto del desarrollo de un conjunto de actividades que se aplican de acuerdo a un régimen de ordenación con objetivos bien definidos que pueden incluir la extracción y aprovechamiento, la protección absoluta o la restauración de tierras forestales degradadas. Estas acciones descansan sobre una plataforma institucional pública y privada que incluye los ámbitos legal, financiero, académico y empresarial y que en conjunto determinan un desempeño que se refleja en las cuentas nacionales.>> (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004)

Se involucran en el sector diversos actores e instituciones relacionados entre sí, de modo que se logre un aprovechamiento de las actividades, protección del recurso, comercio e industrialización, teniendo como meta el sistema económico nacional (y posteriormente el global) para abastecer tanto el mercado de bienes maderables, con los cuales se pretende principalmente fomentar el mercado de los productos maderables, y a largo plazo cubrir la demanda actual de 800,000 m^3/año de madera más la demanda de combustible de 1 m^3 per cápita más bienes no maderables (flora, proteína, animal del bosque) y servicios. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004)

16.2. Causas

A continuación se identifican las causas, que son propias o externas al sector, las cuales se encuentran en cuatro causas grandes, que surgen de la mayor causa que es una constante en todas: la falta de información concisa y disponible del sector.

La primera causa es la pérdida del bosque para el avance de la frontera agropecuaria, ya que se impulsa a cultivar las llamadas "tierras ociosas", siendo muchas de estas por definición bosques que no aportan nada a la producción, todo dentro del marco de ignorancia que el mercado tiene del potencial de éstos. Asimismo el crecimiento de la población y la demanda de tierra y leña, muchas veces por invasiones, da lugar a que el espacio forestal se reduzca. (Política Forestal, 2001)

La segunda causa radica en la poca capacidad de competir a nivel global, ya que Guatemala sufre de políticas proteccionistas, del llamado mercantilismo que incluso a nivel nacional logra hacer prosperar la industria, así como bajo dinamismo del sector productivo. (Política Forestal, 2001)

En la tercera causa se evidencian más las deficiencias en cuanto a un buen sistema de información, ya que debido a esta ignorancia se origina la tercera causa: el uso de tierras distinto al previsto desde un principio, con esto se pierde biodiversidad y el potencial de recursos naturales y el favorecimiento de actividades rentables a corto plazo, teniendo desconocimiento del alto potencial de la industria forestal a largo plazo.

La cuarta causa al derivarse de la poca información, cae en la poca coordinación de los procesos administrativos de las instituciones forestales actuales en el país, ya que no se reforesta adecuadamente para reabastecer la capacidad energética; con esto se cae en un déficit de volumen de madera disponible y mal aprovechada, ya que se subvalúa el recurso forestal. (Política Forestal, 2001)

Más del 60% de la población depende de la leña para cocinar sus alimentos en el área rural. De esto diverge el fenómeno de los "sompopos", gente que extrae madera para uso individual, lo cual multiplicado por todos los pobladores rurales que lo hacen da lugar a reducir el espacio forestal de forma casi imperceptible. Junto con otros factores anualmente se pierden entre 50,000 y 60,000 hectáreas de bosque. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004)

La tendencia también puede ser influenciada por algunos cambios en los factores sociales o ambientales que pueden generar modificaciones a corto plazo en las actividades inherentes al

establecimiento de plantaciones forestales o pueden desplazar el ritmo de plantación hacia una línea de tendencia diferente. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004)

16.3. Problemas generados

16.3.1. Conservación de bosques: Los bosques tienen un papel importante en la sostenibilidad del desarrollo agropecuario y económico del país, ya que previene sequias, ayuda a la absorción, recarga y regulación hidrológica en los suelos, mantienen la biodiversidad y la posibilidad latente de la energía hidroeléctrica en Guatemala, que debido a las crisis del combustible fósil se considera como una fuente confiable. Esto como muestra del alcance y cobertura de lo que es conservar los bosques para mantener muchos aspectos económicos e incluso de seguridad del país, evitando deslaves y catástrofes, como se observa continuamente con cada tormenta que atraviesa. Estos bosques consisten en un aproximado de 4.04 millones de hectáreas de bosques de coníferas, latifoliados y mixtos que abarcan el 37% del territorio nacional. Alrededor del 62% de los bosques del país se encuentran bajo régimen de propiedad público, el resto de datos de bosques se puede observar en el siguiente cuadro (propiedad nacional, municipal y comunal) (Diagnóstico y marco de referencia, 2010) (Diagnostico Forest Connect, 2008)

Tabla 51. Definición de superficie boscosa Guatemala

Rubro	Valor
Superficie Total Nacional	10,888,900ha
Población	14,361,666ha
Bosques naturales y Plantados[1]	4,046,015ha
Bosques en % Nacional	37.2%
Bosques por persona	0.28ha/p
Bosque Latifoliadas	3,336,435ha
Bosque Coníferas	396,939ha
Bosque Mixto	312,641ha
Bosques en Áreas Protegidas	1,643,137ha
Bosque Plantado Latifoliadas PINFOR[2]	51,691ha
Bosque Plantado Coníferas PINFOR	38,932ha
Tasa de Plantación promedio PINFOR	6,971ha/año
Consumo de madera legal 2006[3]	14,149,52 m3
Consumo de madera ilegal 2006	27,753,445m3

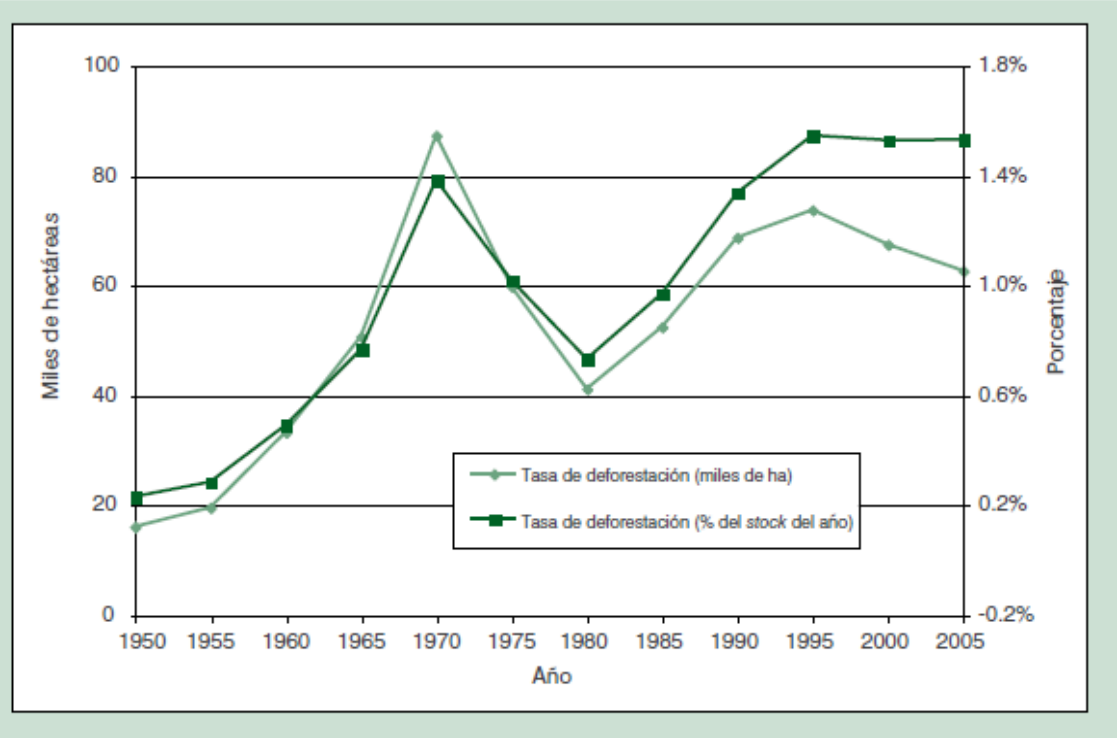
FUENTE: Diagnóstico y marco de referencia, 2010

A pesar de los beneficios directos e indirectos obtenidos de los bosques, la presión creciente sobre éstos ha conducido a la pérdida y degradación de los ecosistemas forestales, cayendo en la deforestación, las causas que crean tensión se observan a continuación:

- Pobreza extrema, particularmente en zonas de difícil acceso y en comunidades indígenas, donde la rentabilidad de la agricultura y otras fuentes de ingreso económico son limitadas.
- Desempleo o empleo con remuneraciones por debajo del monto que permite cubrir la canasta básica.
- Prácticas tradicionales de roza, tumba y quema.
- Problemas de derechos de propiedad sobre el uso de los bosques.
- Expansión de las áreas de cultivo, incluidos aquellos que le permiten a la población abastecerse de fuentes energéticas alternativas.
- Cultivo, tránsito y tráfico de drogas en las zonas forestales y la inaccesibilidad física a algunas áreas.
- Pobre valoración de los bienes y servicios de los ecosistemas forestales.
- Deterioro de las iniciativas comunitarias y municipales para el manejo de los bosques.
- Ausencia de una visión nacional para la gestión sostenida de los bosques, como bienes públicos. (Perfil ambiental de Guatemala, 2009)

La deforestación y deterioro de bosques se muestra gráficamente a continuación en miles de hectáreas de 1950 a 2005.

Figura 123. Deforestación quincenal estimada 1950-2005

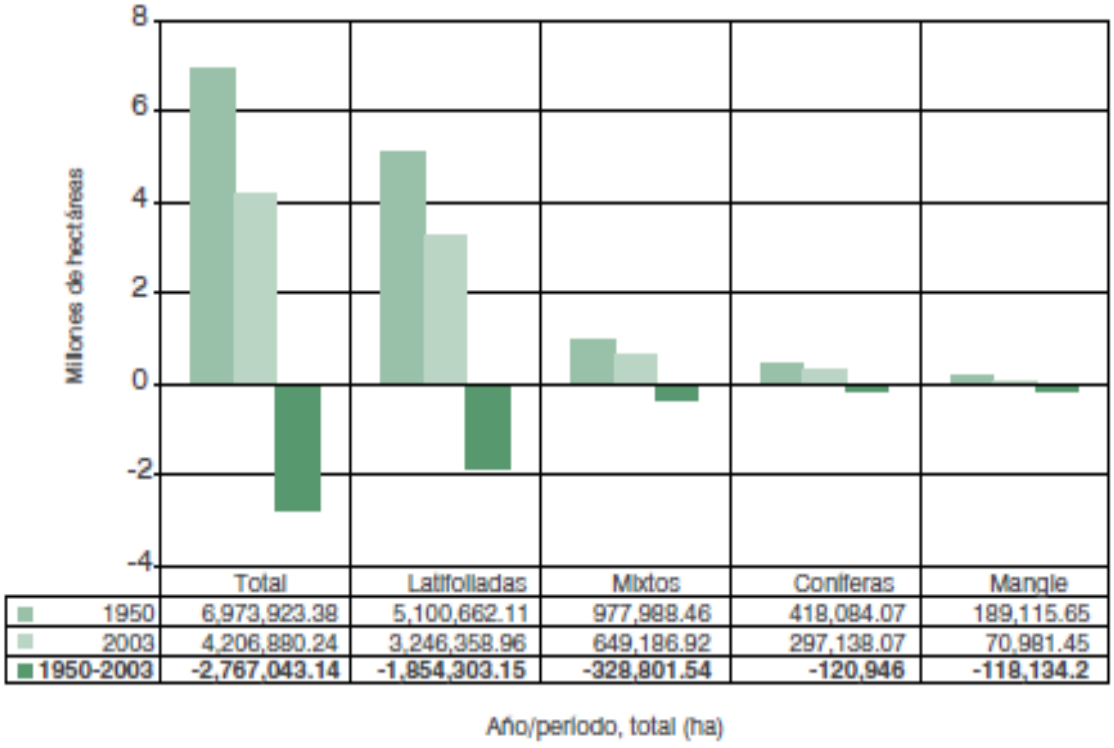


FUENTE: Perfil ambiental de Guatemala, 2009

Al comparar los datos de la gráfica anterior con datos globales, Guatemala ocupa uno de los primeros lugares en tasas de deforestación en el mundo. Los rangos de las tasas de deforestación fluctúan entre 40,000 ha/año a cerca de 80,000 ha por año. La degradación de las áreas forestales es frecuentemente determinada por el uso no sustentable de los recursos forestales. En términos monetarios, el valor de la destrucción de los bosques es superior al valor de la madera en pie, pues se está perdiendo el potencial de los ecosistemas para generar rentas en forma infinita. Además de las consideraciones económicas y sociales, la deforestación también es una fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero, por lo que el manejo sostenible de los bosques ha sido propuesto como una de las medidas menos costosas para mitigar el cambio, lo anterior siendo de suma importancia. Además al eliminar la vegetación forestal y sustituirla por otra cubierta superficial, se genera un cambio en la utilización de la tierra que produce efectos en el ciclo del carbono por medio de la pérdida de la capacidad fotosintética en esta vegetación y la liberación simultánea de grandes cantidades de carbono acumuladas en los ecosistemas forestales durante largos períodos de tiempo. (Diagnóstico y marco de referencia, 2010) Como se observó en las causas principales la leña constituye uno de los principales de los beneficios que la sociedad obtiene de los bosques. De acuerdo con datos estadísticos recopilados se tiene un estimado que de la

perdida de hectáreas boscosas, se consume anualmente alrededor de 20 y medio millones de metros cúbicos, a razón de 1 a 4 m^3 por habitante al año, lo cual hace mella y contribuye drásticamente a la deforestación. De esto se ve que Guatemala está utilizando sus bienes forestales de manera insostenible, ya que por diversas causas como se verá a continuación el aprovechamiento en volumen de la madera sobrepasa su incremento ya sea natural o plantado, y en su gran mayoría se debe a su uso ilegal o no autorizado como leña. Existen muchos estudios que intentan ver el porcentaje de madera ilegal comparada con la extraída total, lo cual se encuentra alrededor del 60% al 75%, careciendo de un dato fiable debido a la naturaleza del acto. Al considerar el impacto ecológico de la deforestación y la degradación, entre los años 1950 y 2003, la superficie cubierta con mangle, latifoliadas, mixtos y coníferas se redujo en 62%, 36%, 34% y 29%, respectivamente como se observa a continuación: (Perfil ambiental de Guatemala, 2009)

Figura 124. Cambio forestal 1950 - 2004



	Total	Latifoliadas	Mixtos	Coniferas	Mangle
1950	6,973,923.38	5,100,662.11	977,988.46	418,084.07	189,115.65
2003	4,206,880.24	3,246,358.96	649,186.92	297,138.07	70,981.45
1950-2003	**-2,767,043.14**	**-1,854,303.15**	**-328,801.54**	**-120,946**	**-118,134.2**

FUENTE: Perfil Ambiental de Guatemala 2005

Datos más específicos de esta actividad en el año se observan en la siguiente tabla para tener una referencia:

Tabla 52. Población que consume leña en Guatemala 2006

Departamento		Consumo total de leña (m³)			Población total que consume leña			Consumo *per cápita* (m³/habitante/año)		
		Área		Total	Área		Total	Área		Total
		Urbana	Rural		Urbana	Rural		Urbano	Rural	
1	Huehuetenango	406,210	2,807,961	3,214,171	197,119	727,451	924,570	2.1	3.9	3.5
2	San Marcos	178,335	2,539,769	2,718,104	161,785	668,836	830,621	1.1	3.8	3.3
3	Quiché	360,816	1,576,997	1,937,813	194,096	557,008	751,104	1.9	2.8	2.6
4	Quetzaltenango	281,256	1,038,181	1,319,438	301,750	300,434	602,184	0.9	3.5	2.2
5	Alta Verapaz	94,343	1,210,951	1,305,293	140,186	706,205	846,391	0.7	1.7	1.5
6	Chimaltenango	181,332	749,189	930,521	205,297	257,163	462,460	0.9	2.9	2.0
7	Suchitepéquez	157,295	741,351	898,646	156,978	256,430	413,408	1.0	2.9	2.2
8	Totonicapán	209,042	670,969	880,011	162,118	221,641	383,759	1.3	3.0	2.3
9	Petén	193,128	666,497	859,625	110,655	301,929	412,584	1.7	2.2	2.1
10	Escuintla	100,554	656,762	757,316	149,904	276,798	426,702	0.7	2.4	1.8
11	Sololá	192,411	515,831	708,242	156,716	166,144	322,860	1.2	3.1	2.2
12	Guatemala	251,528	441,284	692,812	465,430	241,268	706,698	0.5	1.8	1.0
13	Jutiapa	69,229	605,852	675,080	96,823	295,009	391,832	0.7	2.1	1.7
14	Chiquimula	19,091	555,669	574,760	36,448	247,622	284,070	0.5	2.2	2.0
15	Baja Verapaz	48,493	498,581	547,074	59,488	172,791	232,279	0.8	2.9	2.4
16	Retalhuleu	64,973	480,763	545,735	70,001	166,170	236,171	0.9	2.9	2.3
17	Santa Rosa	80,926	421,083	502,008	80,513	202,973	283,486	1.0	2.1	1.8
18	Jalapa	82,150	366,504	448,655	68,690	187,441	256,131	1.2	2.0	1.8
19	Izabal	24,464	397,217	421,682	68,293	230,653	298,946	0.4	1.7	1.4
20	Zacapa	31,169	237,470	268,639	53,850	120,606	174,456	0.6	2.0	1.5
21	Sacatepéquez	135,342	87,760	223,102	150,876	32,544	183,420	0.9	2.7	1.2
22	El Progreso	19,926	186,396	206,322	39,766	83,040	122,806	0.5	2.2	1.7

FUENTE: Perfil ambiental de Guatemala, 2009

Como se observa la mayor parte (alrededor del 85%) de este volumen se consume en el área rural, especialmente en los departamentos de Huehuetenango, San Marcos, Quiché, Alta Verapaz y Quetzaltenango; lo que resta se consume en el área urbana, principalmente en Guatemala. Alrededor del 74% de la población depende de la leña, de la cual el 67% se encuentra en el área rural y 33% en el área urbana. De esto se sabe que los departamentos que más consumen leña son Huehuetenango, Alta Verapaz y San Marcos; así como las áreas urbanas de Guatemala, Quetzaltenango y Chimaltenango. (Perfil ambiental de Guatemala, 2009)

Respecto al acceso a la leña, un cuarto de los hogares urbanos y tres cuartos de los rurales la compran. Estos por lo general la recolectan, pero en gran parte también la obtienen regalada. Como

se menciona más adelante en un escenario negativo, actualmente los precios de gas licuado y petróleo son altos comparados a los altos niveles de pobreza y fluctuaciones económicas, por lo que se recurre a la extracción ilegal y no controlada para el uso rural no industrial. Para estudiar los patrones de uso y dependencia de la leña a nivel domiciliar, el Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente realizó una investigación en dos municipios del país durante el año 2006. Se destaca que:

- Los hogares rurales son los principales demandantes de la leña.
- Prevalece un uso ineficiente del bosque.
- Los ecosistemas que experimentan mayor fragmentación son aquellos que contienen especies de robles y pinos específicamente. (Perfil ambiental de Guatemala, 2009)

De esto viene a que en Guatemala la superficie cubierta por bosques aun sea pequeña. Se estima que solo existen 191 mil hectáreas de plantaciones distribuidas en diversas especies entre las que predominan el pino, la melina y la teca, de las se tiene un monitoreo constante de alrededor de 90,000 hectáreas pertenecientes al Programa de incentivos forestales PINFOR. A pesar de poseer plantaciones se debe mencionar que la mayoría de materia prima para la industria proviene de los bosques naturales. (Diagnóstico y marco de referencia, 2010)

Estos bosques, sobre todo los naturales, no poseen un mayor control sobre manejo y conservación; comúnmente se observan incendios forestales no controlados y luego estos no son investigados, esto daña un mercado potencial como lo es el ecoturismo, ya que éste se encuentra fuertemente correlacionado con una buena conservación, la cual no se llega a dar por la poca inversión con fines conservativos y manejo de alternativas con respecto a la tala inmoderada. (Agenda forestal nacional, 2003)

Como se mencionó en el anterior párrafo, los incendios forestales constituyen otra causa de deforestación y degradación de los bosques. Aunque existe un registro del número, ubicación y superficie impactada por los incendios, se sabe que entre los años 2000 a 2008, han sido impactadas alrededor de 278,00 hectáreas de bosque. Este impacto incluye: pérdida total, perturbación de copas o ambas. A continuación una tabla que muestra las pérdidas de bosques por departamento debido a incendios forestales:

Tabla 53. Pérdida de bosques por incendios

Departamento	Año								
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Alta Verapaz	1,243	146	143	244	0	0	0	63	153
Baja Verapaz	1,938	1,278	1,160	2,765	296	759	1,100	1,352	925
Chimaltenango	1,059	753	1,281	45	208	2,750	361	809	584
Chiquimula	1,196	3,883	668	470	450	711	1,002	1,817	357
El Progreso	659	689	1,043	919	33	546	547	885	583
Escuintla	67	6	243	55	85	350	42	0	0
Guatemala	1,908	706	453	102	130	251	1,341	414	1,649
Huehuetenango	590	701	720	533	217	587	1,142	502	374
Izabal	245	130	9	152	10	44	0	47	0
Jalapa	1,224	1,710	1,137	625	543	1,002	3,442	1,400	2,930
Jutiapa	142	525	643	136	98	27	241	17	280
Petén	33,007	185	610	48,370	5	22,605	566	43,837	5,578
Quetzaltenango	629	630	734	184	46	342	259	178	66
Quiché	3,721	1,876	3,855	1,146	323	1,262	845	1,128	1,327
Retalhuleu	0	0	0	113	0	0	0	0	0
Sacatepéquez	128	104	51	61	33	351	1,038	43	69
San Marcos	325	182	247	81	57	40	118	244	191
Santa Rosa	175	1,150	387	217	1,233	173	321	786	0
Sololá	563	708	394	307	322	617	155	129	202
Suchitepéquez	0	0	1	0	0	6	0	0	0
Totonicapán	584	742	173	207	134	551	866	452	351
Zacapa	4,003	2,664	3,986	3,388	2,482	1,184	1,493	1,927	646
Total[a]/	**53,405**	**18,768**	**17,938**	**60,119**	**6,703**	**34,157**	**14,880**	**56,028**	**16,266**

FUENTE: Perfil ambiental de Guatemala, 2009

Actualmente el 27.6% del área boscosa se encuentra legalmente como áreas protegidas declaradas, encontrándose la mayoría en la biosfera maya y la reserva de la Sierra de las Minas. Estas albergan 1,171 especies endémicas de animales y 7,754 especies de flora. Toda la biodiversidad da lugar a que exista un mejor control de su manejo, ya que una buena conservación de especies de flora y fauna mantiene el ecosistema sano y capaz de albergar una industria fuerte de madera. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004) A continuación se observa una tabla de las categorías de áreas protegidas, el número de éstas y cuánto abarca cada una:

Tabla 54. Categoría de áreas forestal

Categorías	Número	Superficie	
		(ha)	%
Categoría I: Reserva biológica o ecológica, Biotopos	21	709,082	33.0
Categoría II: Parques nacionales (terrestre o marino), Parque Regional	42	161,633	7.4
Categoría III: Monumento Natural, Monumento Cultural, Parque histórico, Monumento natural y cultural	7	102,353	4.8
Categoría IV: Reserva forestales, Zonas de Veda, Refugios de vida silvestre, Manantiales protegidos, Reservas Naturales privadas	34	39,205.6	1.3
Categoría V: Vías escénicas, Areas recreativas naturales	12	6,210	0.3
Categoría VI: Reserva de biosferas, Area de uso múltiple	7	1 145,534	53.3
Zona de Amortiguamiento		948,896	
TOTAL	**123**	**3 112,913.6**	**100.0**

Fuente: FIPA/USAID 2002

En el país existe una fuerza vocación forestal en las áreas mencionadas, debido al gran potencial en el país, sin embargo igual de fuerte es el contraste del uso que se le da a la madera, el cual es inapropiado e ilegal; esto causa deforestación y conversión de bosques a pastizales, cultivos permanentes o semipermanentes; los cuales van en aumento. Esto se observa mayormente en las regiones con mayor potencial (Petén y las Verapaces). Y no sólo el mal uso a la madera afecta, también lo que refiere a la sustitución de enormes áreas de bosque para hacer espacio a la ganadería extensiva y pastos, como se comentó en el párrafo anterior, crea el problema de la consecuente merma de la biodiversidad y el desequilibrio ecológico que esto conlleva. Los cultivos de regiones que fueron forzadas a ser agrícolas impactan de tal manera lo ecológico y lo económico que, conforme estudios realizados en el sector agrícola, sólo en el caso del algodón, en el pasado reciente, se estima una relación entre insumo y producto que causa tanto déficit que toda la deuda externa no alcanzaría para pagar la recuperación de los deteriorados recursos naturales y las consecuencias de la contaminación que se provocó sobre los suelos, el agua, la fauna doméstica y los cientos de miles de trabajadores y sus familias expuestas directa o indirectamente a los pesticidas, por lo que se observa que no son únicamente los bosques los que se ven afectados por la deforestación. Pero, sobre todo, el problema deviene de la falta de políticas adecuadas respecto del uso de los suelos y la carencia de opciones apropiadas en concepto de desarrollo, pues de ello depende el uso (forestal, de conservación de flora y fauna, recreacional, agrícola, ganadero, etc.). En el país no se ha manejado debidamente el concepto de "costo de oportunidad" que en el caso del uso del suelo significaría saber escoger entre la devastación de una zona boscosa con gran potencial para dar paso a un uso agropecuario desgastante. (Calidad ambiental, 2001) (Diagnostico Forest Connect, 2008)

Aparte de los motivos ya mencionados que no favorecen a una cultura verde, Guatemala entra en el fenómeno latinoamericano de no "comprar" el mensaje verde y ambientalista para mantener los recursos, el país aún no está listo para cambiar sus hábitos, esto se debe a que el tema medioambiental se considera algo "estrafalario y lujoso", y debido a que el consumidor reacciona a los impulsos del mercado, la oferta de productos verdes es incipiente y limitada. A pesar de esto se observa una creciente preocupación acerca de temas ambientales, sobre todo en el ramo del calentamiento global, por lo que se exige a instituciones el mantenimiento de áreas forestales, todo esto se trata a más detalle en las estrategias. (Mercados y tendencias, 2011)Por esta preocupación se sabe que existe el conocimiento de una diversidad biológica excepcional en Guatemala, aun así la riqueza patrimonial está amenazada y en franco deterioro. De no darse una racionalización en el uso global del suelo, en un ordenamiento territorial adecuado así como un cambio de prácticas, de tecnologías y de actitudes, así como en los enfoques de desarrollo no podrá garantizarse la conservación de esta importante riqueza de flora y fauna que posee el país. (Calidad ambiental, 2001)

En departamentos como las Verapaces, Petén y en otros con potencial forestal también considerable (Quiché, Huehuetenango) en el noroccidente del país, se hacen esfuerzos por parte del INAB con programas de incentivos forestales de conservación para incrementar la cobertura forestal; aun así se observa una disminución del 50 al 60 por ciento de la superficie boscosa. (Diagnostico Forest Connect, 2008) Esto se da a pesar de la contribución anual de los bosques al bienestar de los guatemaltecos, éstos se pierden exponencialmente desde el año 1950, y en ningún momento se registra una estabilización de la tasa de deforestación (1.53%/año) o se revierte la curva de pérdida. De continuar esta tendencia, para el año 2015 Guatemala tendrá una cobertura de 25%. La deforestación y degradación de los bosques ha significado una pérdida cuantiosa de volúmenes de madera, que en otro contexto habrían podido generar un desarrollo forestal industrial de importancia. Sin embargo, la industria ha aprovechado marginalmente la materia prima disponible, con un porcentaje muy bajo de transformación. Los bosques sucumben ante la demanda creciente de leña y la extracción ilegal de madera, como se observa en el siguiente inciso. (Perfil ambiental de Guatemala, 2009)

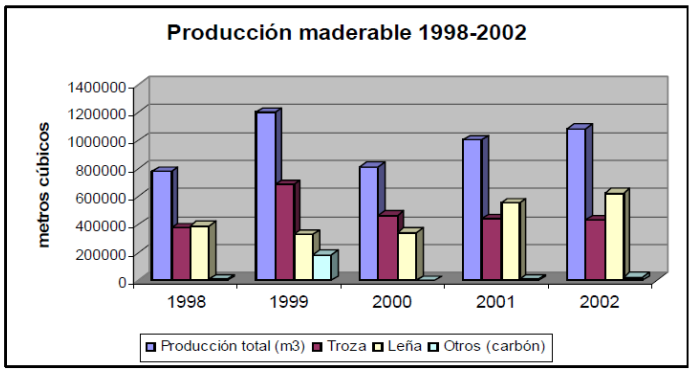
16.3.2. Industria y producción forestal: Uno de los sectores más dañados debido a los problemas forestales es el de la producción. (Agenda forestal nacional, 2003) En Guatemala el principal producto extraído de los bosques sigue siendo la madera (con fines industriales o energéticos) y se muestra que la cosecha anual (según INAB Y CONAP) señala que se distribuye

un 50% para cada rubro. El promedio de consumo de madera es de 575,000 m3 sin contar la madera ilícita, que agregaría un 50% más de esta cifra a la cosecha total. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004) Por causa de poca información se manejan deficientemente los mercados de diámetros menores, teniendo que recurrir al producto extranjero el cual difícilmente se puede abastecer con la oferta interna del país, por lo que Guatemala no logra competir a nivel global en cuanto a madera se refiere. (Agenda forestal nacional, 2003)

El volumen de obtención de leña en la década pasada es de 404 837 m3, aun así se cree según estimaciones estadísticas que pudo llegar hasta los 13.8 millones de m3, mostrando nuevamente a la leña como la principal fuente de energía para cocinar alimentos para el área rural, como se había dicho anteriormente, además muestra el poco control de las instituciones de la administración forestal pública acerca de la madera destinada leña. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004)

Del total de madera que se procesa en la industria, el 68 por ciento se destina a madera aserrada, 14 por ciento a madera elaborada, 8,6 por ciento a chapas terciadas y aglomeradas y un 9,4 por ciento a manufacturas varias. Se estima que cerca del 70 por ciento de la madera que se procesa proviene de bosques naturales de coníferas. Los principales productos de exportación durante los últimos 3 años han sido: la madera aserrada, los muebles de madera, las piezas para construcciones, los asientos y la madera contrachapada, chapada y estratificada, madera densificada, tableros de partículas. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004) A continuación se muestran estudios de la década pasada de producción total de madera:

Figura 125. Producción maderable



Fuente : Registros de INAB y CONAP 1998-2001

Caben destacar en la producción los productos no maderables, los que presentan mayor relevancia en función de los ingresos que generan son: el chicle (Manilkaraachras); el xate

(Chamaedoreasp) y la pimienta gorda (*Pimienta dioca*). Se mantiene la tendencia histórica de ser éstos los principales productos no maderables; y si bien han surgido nuevos productos, éstos presentan valores poco significativos en relación a los anteriores. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004) La tabla muestra la producción de estos productos:

Tabla 55. Productos no maderables extraídos en el período 1998-2001

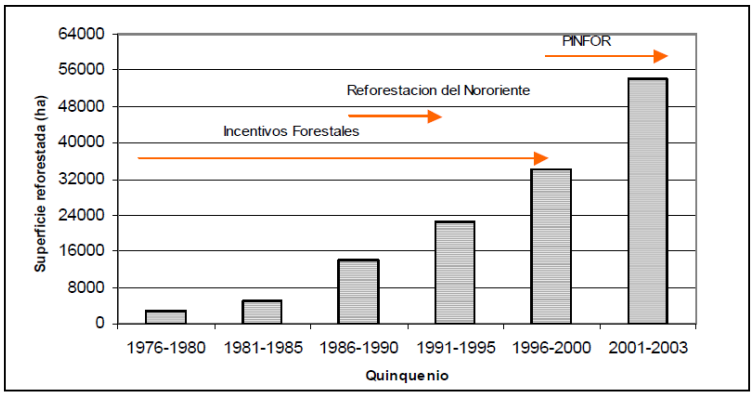
Tipo de producto	Unidades	1998	1999	2000	2001
Semillas Forestales*	Kilogramos	418	571	1213	1200
Resina de pino	Quintales	160	607	Sin datos	Sin datos
Xate (millones)	Libras	5.9	6.8	5.2	4.2
Chicle (miles)	Quintales	4.5	1.2	1.7	3.0
Pimienta	Quintales	730	Sin datos	5,092	8,085
Copal (miles)	Libras	Sin datos	Sin datos	1	68.6
Izote (miles)	Número de plantas	112	Sin datos	30	95

Fuente: INAB

A nivel interno del país se observa también un uso ineficiente tanto de la madera como en su producción, ya que debido al mal estado de carreteras para transporte, nichos comerciales cerrados e inacceso a recursos ambientales, degradación y fragmentación de espacio útil de bosque y problemas burocráticos (que se tratarán más adelante); da lugar a baja rentabilidad ya que se vende poco y se gasta mucho. (Agenda forestal nacional, 2003)

Existe un Programa de Incentivos Fiscales, el cual ha sido el de mayor permanencia con más de 20 años; sin embargo, con éste Programa solamente se logró plantar alrededor de 20,000 hectáreas, lo cual contrasta con lo alcanzado por el actual Programa de Incentivos Forestales, que en sus primeros cinco años ha rebasado lo logrado por los otros programas, lo cual muestra la efectividad de este instrumento de política. Aun así, no se considera suficiente para crear un superávit de masa boscosa, en la cual se asiente una industria maderera sostenible. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004) A continuación se observa la tendencia en los años pasados de reforestación de acuerdo a los programas llevados a cabo.

Figura 126. Tendencia de reforestación de 1976-2003



Fuente: INAB (2,003).

16.3.3. Rubro comercial: La parte comercial del sector forestal de igual forma tiene problemas serios en el país, el rubro se ve afectado por la mala infraestructura y costos; asimismo la falta de información para competir en un mercado internacional acerca de requisitos necesarios, tecnología y capacitación adecuada, abastecimientos y uso de especies secundarias. Debido a los equipos deficientes, cadenas incompletas de producción y precios más bajos que los de Guatemala, el país difícilmente logra acceder a un mercado global. (Agenda forestal nacional, 2003)

Esto se origina a que la comercialización forestal presenta tres principales desventajas financieras con respecto al uso alternativo de la tierra, siendo estos usos agricultura, ganadería y desarrollo urbano: el periodo de retorno de capital que no es inmediato; la retribución monetaria hacia el propietario del bosque, por los servicios ambientales aportados por el ecosistema forestal a la sociedad y el valor y el precio de los productos del bosque, distorsionados por la existencia de bosques naturales de acceso común. (Plantaciones forestales, 2003)

A pesar de lo mencionado anteriormente, el mercado de los productos forestales sigue siendo atractivo y la mayoría de los productos forestales tienen una demanda creciente a nivel nacional e internacional. Esto se explica porque la demanda de los productos forestales está determinada por el aumento de la población que sigue siendo creciente en el país; pero por otro lado la disminución del área de los bosques naturales a nivel de los países en vías de desarrollo. (Plantaciones forestales, 2003)

Esta demanda nacional de productos forestales gira en torno a un número relativamente pequeño de especies y productos. Esta condición no favorece las inversiones en la actividad forestal, particularmente en ecosistemas de bosque de hojas latifoliadas, donde el valor del bosque está en función de la existencia de especies como el cedro y la caoba. Hay experiencias regionales y, en menor número nacionales, sobre diseño de otros productos a partir de especies maderables y no maderables poco conocidas; ejemplos pueden ser la Lonchocarpus castilloi , Tectona grandis o Pinus Oocarpa la cual se usa para ejemplificar su potencial demanda en el último capítulo. Estas especies son abundantes en nuestro país y usadas en ebanistería, entro otras especies que se mencionan en este documento. Se reportan abundantes especies para bienes maderables y no maderables que se podrían aprovechar para diversos mercados de valor agregado y de madera dimensionada, incluyendo mercado estatal como pupitres, viviendas populares y edificios públicos.

Estos mercados poseen cierta ventaja, ya que por medio de investigaciones en productos agrícolas recurrentes en el país se observa que los precios de otros productos a nivel mundial han tenido alzas y bajas variables en los últimos 5 años. El caso de la madera y sobre todo la madera de origen tropical, es diferente, pues los precios han mantenido un incremento constante durante los últimos 20 años y su única caída sucedió con la crisis de los países del Asia Pacífico. Es importante indicar que los países asiáticos manejan más del 50% del comercio mundial de productos forestales tropicales, lo cual se verá con detalle más adelante. (Plantaciones forestales, 2003)

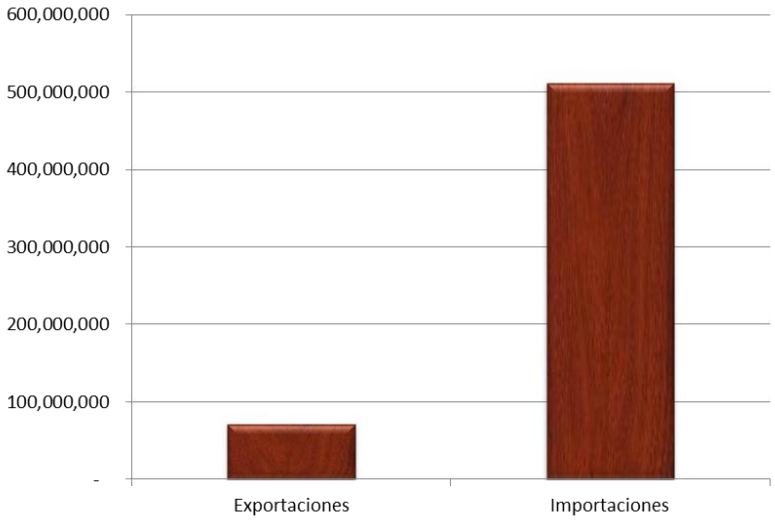
Guatemala no puede compararse ni competir con estos mercados, ya que se observan problemas ya desde el mercado inicial que es el de madera en troza en sus distintas magnitudes, ya que existen imperfecciones originadas por falta de organización y de uso de medios y sistemas de información y comunicación, como por el poder de mercado que ejercen algunas asociaciones de productores. Debido a esto existe un exceso de intermediarios tanto en la venta de madera en rollo como posteriormente se observa en productos manufacturados, esto más una baja competitividad en los productos nacionales. (Diagnóstico y marco de referencia, 2010)

La demanda nacional va de la mano con esta competitividad, es poco exigente, debido a la ignorancia del uso de la madera, la cual es la mayor causa de los problemas del sector forestal. Debido a esto se obtiene producción de baja calidad y poco desarrollo en la industria de la transformación. A esto viene falta de transparencia en el mercado interno, poca planificación estratégica cuando cualquier plan llevado en bosques debe tener visión a largo plazo como a mínimo 20 años. La gente ve que no rinde algo así y prefiere agricultura, los propietarios forestales

necesitan compromiso y visión a largo plazo. Quiere todo rápido, hay poco know-how a largo plazo, todo no pasa de 5 años, alejando la inversión del sector debido a esta ignorancia.

Con respecto al mercado internacional, se exporta principalmente madera aserrada a El Salvador, Estados Unidos, Honduras y México. No se ha logrado o se ha hecho difícil penetrar el mercado europeo, debido a la problemática ya mencionada a que no se puede competir en calidad, eficiencia de costos y requisitos de regulaciones. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004) El desarrollo del sector depende en gran medida de la dinámica de las exportaciones e importaciones de productos forestales. Un desarrollo óptimo en el futuro implica el aumento de exportaciones de productos de valor agregado y la búsqueda de nichos de mercado para los productos nacionales. El crecimiento productivo del sector forestal también implica una disminución de las importaciones, sin embargo el escenario actual presenta un balance negativo, ocasionado principalmente por las importaciones de papel.

Figura 127. Cantidad de productos forestales exportados e importados en US$



FUENTE: Diagnóstico y marco de referencia, 2010

Se observa una gran diferencia debido al casi nulo mercado de papel y pulpa en Guatemala, esto en parte a la inexistencia de plantas productoras en operación en el país. El país no está apto en cantidad de bosques y su rotación para albergar una industria como esta, existiendo antecedentes en el país de intentos en este rubro. (Diagnóstico y marco de referencia, 2010)

Para hacer mejor análisis de los bienes que se producen en Guatemala y se exportan y los que se importan, es válido excluir pulpa, papel y cartones. Con esta división la balanza de productos se vuelve levemente positiva, sin embargo hay productos como plywood y contrachapados que continúan de manera negativa, así como muebles que también registra un déficit. Los productos con balance positivo incluyen tarimas, madera aserrada y puertas principalmente. La madera aserrada a pesar de que muestra un balance positivo existe un importante volumen de importaciones lo cual resulta ilógico en país con abundantes recursos forestales. Es posible, que gran parte de dicha madera sea de alta calidad y seca, cosa que es difícil conseguir en el mercado local. También en ella se deben incluir algunas maderas latifoliadas extranjeras que sirven de insumo para industrias de piso o muebles. Excluyendo los productos ya mencionados se tiene la siguiente tabla de exportaciones al 2009:

Tabla 56. Exportaciones sin pulpa/papel 2009

Producto	Volumen m^3	Monto USD Export	Volumen m^3	Monto USD Import
TARIMAS	36,876	20,329,094	13,777	2,255,852
MADERA ASERRADA	46,588	13,285,272	19,514	5,356,764
MUEBLES	9,964	11,505,576	16,001	17,530,583
PUERTAS	6,960	6,767,617	1,439	994,376
PLYWOOD TABLEROS	12,587	5,298,366	44,681	17,123,809
PISO	2,383	4,186,293	1,013	577,093
ATAUDES, CESTAS, PALILLOS, BARANDAS	3,091	3,461,697	1,902	2,074,951

Continuación tabla 56

Producto	Volumen m^3	Monto USD Export	Volumen m^3	Monto USD Import
LAPICES	1,139	2,412,980	1,265	2,282,431
TROZA	10,155	1,994,150	0	318
IMPREGNADOS	2,800	908,597	-	
CHAPA	121	355,643	551	325,608
VENTANAS	23	215,685	33	71,286
CABOS	728	225,016	85	184,512
PALITOS	2,319	184,481	1,518	607,445
SEMILLAS	-	95,932	-	
MOLDURAS	127	71,779	1,826	1,018,305
ARTESANIAS	36	91,177	306	469,249
OCOTE	66	47,909	-	
ENTREPAÑOS	8	12,615	9	26,902

FUENTE: Diagnóstico y marco de referencia, 2010

En Europa solo existe un pequeño mercado en Italia y en Asia se tiene un mercado hacia la India dominado en su totalidad por las exportaciones de teca en troza a ese país. En resumen, los mercados mayoritarios del país no van más allá de Centroamérica y Estados Unidos. Guatemala, a pesar de ser parte de numerosos tratados de libre comercio con diversos países, no ha podido aprovecha sus ventajas comparativas para el aumento de las exportaciones. Se debe considerar que en este tema las exportaciones en Guatemala deben enfocarse a pequeños mercados que demanden valor agregado. Guatemala no posee el volumen ni el área necesaria para competir con los grandes en este momento, sin embargo si se tiene un riqueza y diversidad de maderas que da versatilidad a la producción de con calidad. De seguir así esta problemática el mercado internacional de productos forestales seguirá dominado por grandes trasnacionales, cuyas capacidades van mucho más allá de las capacidades negociadoras de un país pequeño, como Guatemala y otros países emergentes. (Plantaciones forestales, 2003). (Diagnóstico y marco de referencia, 2010)

Los problemas financieros del país también afectan esta misma distribución global de los productos forestal, ya que se poseen numerosas imperfecciones debido a formas de gobernabilidad corporativa y competencia interna del mundo en desarrollo, al cual pertenece nuestro país; se observa una profundización financiera débil priva una significativa informalidad y además en donde un grueso sector de la población no sólo está con poca capacidad adquisitiva, sino carece de la cultura financiera necesaria como para acudir a prácticas bursátiles sofisticadas y crear un mercado forestal mucho más formalizado (Estrategia nacional financiera forestal, 2008)

A esto se le agregan los problemas de certificación de plantaciones de madera, la cual ha tenido altos y bajos y no llega a consolidarse en el país mayormente debido a que los propietarios no están convencidos en recuperar la inversión adicional. El pino, que es la madera más común y comercializada en Guatemala, aún no posee un precio Premium establecido, en ese contexto se puede mencionar que la única especie que ha mostrado mayor valor de mercado al ser certificada es la teca aunque también existen numerosos mercados menos exigentes. En Guatemala existen dos empresas de plantaciones con certificados expirados que en total suman alrededor de 3500ha, sin embargo los altos costos de certificación así como la falta de mercados Premium han ocasionado que los productores se abstengan de continuar en el programa. (Diagnóstico y marco de referencia, 2010)

Las mayores limitantes y obstáculos para la certificación en Guatemala están determinados por los costos para el cumplimiento de las condicionantes. Además la mayoría de los productores e industrias certificadas frecuentemente cuestionan si esto aumentaría la venta o permitiría subir el valor, este retraso ocasiona poca ventaja a nivel global, cayendo nuevamente en lo ya mencionado: necesidad de importar en el país producto con valor agregado, en vez de producirlo aquí mismo. (Diagnóstico y marco de referencia, 2010)

Englobando toda esta problemática se pueden resumir las siguientes debilidades y amenazas que se observan en la comercialización de los bienes forestales:

- Poca diversificación de destinos en las exportaciones
- Los primeros dos productos mayormente exportado no poseen valor agregado
- Industria local y centroamericana no demanda productos de calidad
- Mercado de exportación pequeño en función de pocas empresas
- Mercado de pino con bajo precio exportada sin valor agregado a El Salvador

- Mercado de caoba sin valor agregado exportada como madera aserrada rústica
- Mercado de teca sin valor agregado exportada en troza
- Nivel de competitividad internacional de Guatemala muy bajo
- Escasos productos disponibles en el mercado local
- Falta de comercialización de maderas secundarias
- Destinos de exportación de tableros de partículas poco diversificados
- Disminución de exportaciones en los últimos años en especial sector madera aserrada y muebles
- Poca capacidad de innovación de productos forestales acorde a las características de la oferta maderable.
- Falta de un sistema de inteligencia de mercados para productos forestales a nivel nacional e internacional (Diagnóstico y marco de referencia, 2010)

Tanto la casi nula producción de papel, pulpa y otros productos terminados terminan siendo los principales problemas, ya que al no contarse con capacidad de valor agregado en producción nacional, se recurre a una importación neta de estos productos, teniendo el potencial de producirlos y hasta de exportarlos en Guatemala. Se observan además las siguientes amenazas a la comercialización nacional, sobre todo en el ámbito global:

- Mercado creciente y competitivo de Contrachapados desde China y Taiwán y de partículas y MDF desde Chile EU y Brasil
- Disminución del precio internacional de contrachapados
- Disminución del poder de compra de los países consumidores (crisis financiera internacional) en especial Estados Unidos en el tema de madera aserrada
- Falta de relaciones diplomáticas con China, que otros países en la región como Costa Rica están aprovechando (Diagnóstico y marco de referencia, 2010)

16.3.4. Política forestal y marco legal: De igual forma el desconocimiento de la política forestal y el poco involucramiento de las autoridades afecta negativamente a la industria forestal, por la misma causa de la desinformación en el sector. No se financian adecuadamente los servicios básicos ambientales vinculados al bosque, principalmente los relacionados con la provisión de agua, los cuales cobran cada vez mayor importancia por los conflictos generados entre las comunidades beneficiarias de los servicios y los propietarios o poseedores de los bosques,

llegando a ser en muchos casos una fuente de conflictos sociales. Esta situación hace prever la necesidad de que el Estado desarrolle e implemente en el mediano plazo una política de pago por servicios ambientales. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004) De igual forma la falta de financiamiento los recursos humanos, importantes en el sector, así como falta de incentivos de protección al bosque, comienzo de pequeñas productoras de madera y participación comunitaria. (Agenda forestal nacional, 2003)

A pesar de esto se ha percibido interés por parte del Estado anteriormente por reconocer y compensar económicamente a los poseedores de bosques por los servicios ambientales que estos prestan se ha incrementado a través de diferentes programas y proyectos implementan instrumentos y mecanismos para compensar la producción de servicios ambientales provenientes de recursos naturales, entre estos está el Programa de Incentivos Forestales a través del componente de manejo de bosques con fines de protección. Asimismo el Programa de Apoyo a la Reconversión Productiva por medio del cual se hizo efectivo el pago en el 2002 por servicios ambientales generados en 10,000 hectáreas de bosques naturales en áreas estratégicas para la captación hídrica en altiplano del país. Estos proyectos han perdido continuidad y la sostenibilidad cae en duda, lo cual necesita ser revisado. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004)

Por todos estos problemas se cae en un círculo vicioso el cual mantiene al sector forestal estancado entre la conservación de recursos versus el aprovechamiento de estos, problemas que un marco jurídico contradictorio (entre ley forestal y código municipal) y que no satisface las necesidades de la población: excesivos e innecesarios controles, falta de incentivos para sembrar o plantar y normativas que dificultan el abastecimiento. Institucionalmente se cae en el mismo error, ya que la existencia de dos entes rectores (INAB y CONAP), falta de coordinación y complementación entre producción y conservación, ayuda al círculo vicioso. (Agenda forestal nacional, 2003)

16.3.5. Control de instituciones: La centralización de entidades participantes en el sector (SEPRONA, INAB, CONAP, OJ, MP) y la incongruencia en la aplicación de normativa entre estas da lugar a un control limitado de actividades ilegales como extracción, tala inmoderada e incendios provocados y fuera de control; esto en parte a juzgados distritales desinformados, poco interés o lentitud del proceso. La tala ilegal sigue siendo una de las causas de perdida de cobertura en Guatemala, el fenómeno representan un grave problema para el sector forestal de Centro América, pues tiene implicaciones sobre los siguientes aspectos: <<causa pérdidas económicas a los países de la región; erosiona los mecanismos formales de gobierno; impacta negativamente sobre

los pobres rurales; desincentiva las actividades de manejo forestal sostenible; y deteriora el recurso forestal de la región.>> (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004) (Agenda forestal nacional, 2003)

El marco jurídico del sector forestal se define por varias leyes y regulaciones que inciden de forma directa e indirecta sobre el sector, de este marco se creó el INAB en la parte administrativa y operativa mientras el CONAP se encarga de la conservación boscosa, además de los ministerios de Agricultura, Ganadería y Alimentación así como el de Ambiente y Recursos Naturales. Estas instituciones al estar basada en el marco jurídico previamente mencionado (que cuenta también con problemas) y al no definir este claramente un ente rector coordinador y repartiendo responsabilidades, representa una incidencia negativa en la ejecución de acciones de campo. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004)

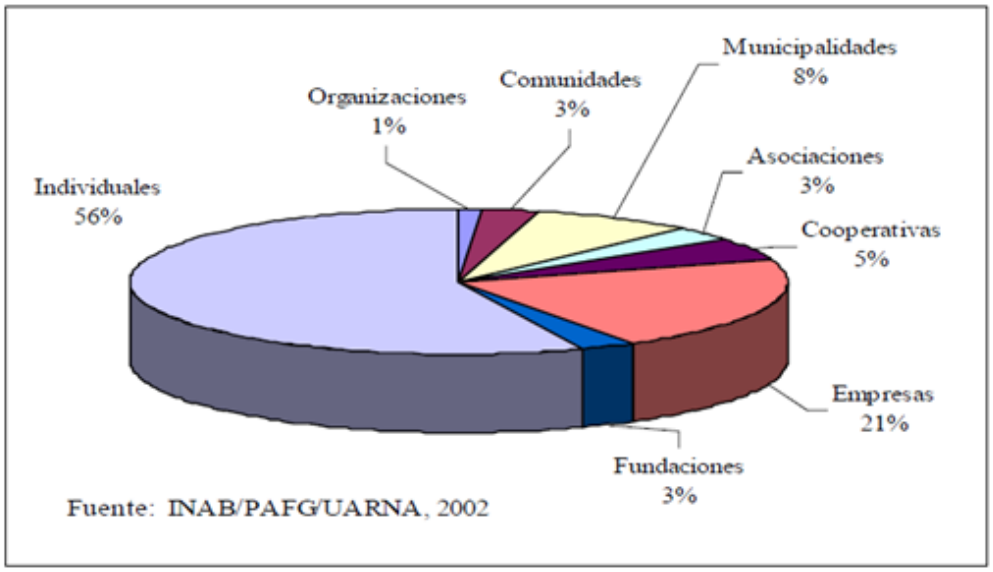
La falta de coordinación ha sido una de las causas de que la tala ilegal con fines de producción maderable represente del 30 al 50 por ciento del volumen de madera comercial cosechado por año. En algunos departamentos como Petén la tala ilegal se ha reducido, gracias al otorgamiento de concesiones a grupo comunitario con intermediación de estas instituciones y a cierta descentralización, sin embargo, aún se tienen evidencias de contrabando de madera principalmente de Petén hacia la república de México y Belice. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004)

Debido a esto es común la incertidumbre sobre la legalidad de las actividades forestales, especialmente en relación con la declaratoria y definición de áreas, vedas forestales, comercio e industria, entre otras. Adicional a esto, la política institucional no se adapta a las condiciones de la región, causando inseguridad a las industrias por la cantidad de materia prima disponible. Debido a esto se ha formado un círculo vicioso entre la presión por la conservación de recursos naturales y por el aprovechamiento y transformación de los recursos forestales, otro problema que afecta a las instituciones. (Agenda forestal nacional, 2003)

Con respecto a la centralización, algunos instrumentos de la Política Forestal como el PINFOR han permitido la participación de diferentes actores que históricamente han estado aislados de los 23 incentivos en Programas desarrollados anteriormente, como en el caso de cooperativas y organizaciones comunitarias. (Figura 128) Esto también muestra que existe un interés creciente en diferentes actores por participar en actividades forestales. (Estudio de tendencias del sector forestal,

2004) A continuación se muestra una gráfica de paz mostrando la participación comunitaria de incentivos en el sector.

Figura 128. Participación forestal por sectores 2002



FUENTE: Estudio de tendencias del sector forestal, 2004

Pero a pesar del creciente interés de todos estos actores, existe poco control por parte de las instituciones mencionadas previamente, sobre todo en el problema del área rural, esto es el manejo de la madera usada para leña de forma doméstica; el control no es suficiente y se pierden oportunidades de que estas organizaciones e individuos con potencial de inversión entren al negocio, a esto se le suma la incertidumbre jurídica y trámites administrativos centralizados y engorrosos, los cuales se discuten más adelante (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004)

La institucionalidad del país alcanza de igual modo a la gobernabilidad, ya que Guatemala se encuentra entre el 13 por ciento de países del mundo con más baja observancia del Estado de Derecho; se han realizado estudios económicos por parte del Banco Mundial que concluyen que el ingreso promedio por habitante y la calidad de la gobernabilidad están fuertemente correlacionados, y en el caso de Guatemala, el deterioro de la gobernabilidad ha contribuido al menor crecimiento, generando un inapropiado clima de negocios que ha afectado la inversión, tanto nacional como extranjera, llegando esto a la poca inversión en el sector forestal. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004)

Los montos asignados por el gobierno central no es suficiente para un adecuado funcionamiento de éstas instituciones, por ejemplo en el año 2002 fue de para INAB US$ 5.7 y de US$ 4 millones para CONAP; de esto se demuestra que con relación al ingreso total del estado los recursos asignados a estas instituciones son escasos y limitan disponer del recurso humano y la logística requerida para cumplir eficientemente con las funciones asignadas. Esta situación limita la capacidad de respuesta de estas instituciones ante la demanda de servicios de los usuarios; y repercute negativamente en la dinámica del Sector. Entre las limitantes del desarrollo de las actividades forestales productivas, más frecuentemente señaladas por diferentes actores del sector forestal esta la centralización y lentitud en los trámites administrativos para obtener las licencias o autorizaciones respectivas, siendo estos últimos los problemas que más afectan las instituciones: centralización, lentitud y falta de fondos. Todo esto ahuyenta inversión posible en el sector. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004)

Al verse afectadas las instituciones, las MIPYMES forestales lo son de igual forma, ya que salta a la vista que no obstante exista una base empresarial de MIPYMES forestales, se carece de políticas de apoyo dirigidas a estas. Los principales obstáculos que enfrentan las MIPYMES, en general, y las MIPYMES forestales, en particular, están relacionados con la falta de un adecuado marco regulatorio adecuado que afecta a las mismas instituciones, que atienda a las necesidades de las MIPYMES desde todas las instituciones relacionadas con ellas. (Diagnóstico Forest Connect, 2008)

Por esto las MIPYMES forestales no logran que sus particularidades y necesidades sean atendidas desde las distintas instituciones, tanto en términos de requisitos burocráticos, como de financiamiento, servicios de intermediación financiera sostenibles y servicios de desarrollo empresarial y créditos diferenciados que permitan el aumento de la competitividad del sector. (Diagnóstico Forest Connect, 2008)

Esto obedece en parte a la dispersión que caracteriza la territorialidad de las MIPYMES forestales y por lo tanto a la falta de una representatividad visible de éstas a través de una organización de MIPYMES presente tanto a nivel central, como descentralizado que tenga incidencia en las políticas y su forma de implementación. Se puede resumir todo esto que la falta de una regulación adecuada en las instituciones se traduce a las MIPYMES. (Diagnóstico Forest Connect, 2008)

Los problemas institucionales están intrínsecamente unidos a la financiación, de esto se derivan las siguientes debilidades relacionadas al financiamiento de las instituciones:

- Inestabilidad macroeconómica producto de crisis internacional
- Falta de créditos en condiciones preferenciales para la industria
- Pocos fondos del CONCYT para investigación en general, mucho menos para investigación en industria forestal
- Poco personal Institucional para monitoreo de PINFOR y PINPEP
- Altas tasas de interés para créditos
- Plazo de crédito no se ajusta a los productores del sector forestal
- Falta de liquidez por ausencia de ingresos intermedios del manejo de plantaciones
- Sector pequeñas y medias Industrias con crisis de financiamiento
- La mayoría de MIPYMES forestales no se encuentran registradas formalmente como lo exige la ley
- Desinformación respecto a la disponibilidad de productos financieros en la banca nacional ajustables a las características de las MIPYMES forestales.
- Poco impacto de actividad forestal en economía nacional

Asimismo se observan las siguientes amenazas a las instituciones:

- Cambio de prioridades de inversión del gobierno en el corto y mediano plazo
- Competencia de actividades con mayor renta de suelo como Palma africana
- Países vecinos con mayor atractivo de inversiones
- Inversiones forestales cuantiosas enfocadas en África subsahariana por sus bajos niveles de desarrollo
- Mercado de Guatemala pequeño en términos de área (Diagnóstico y marco de referencia, 2010)

16.3.6. Educación: En lo que concierne a la educación, el analfabetismo es causa de muchos problemas en el país, siendo uno de estos la creación de una barrera que evita informar a la población de asuntos forestales relevantes, así como pocas escuelas a nivel medio con enfoque al sector forestal; a pesar de estos sí se encuentran a nivel superior más carreras con un enfoque forestal. (Agenda forestal nacional, 2003) Actualmente existe una correlación significativa entre el

consumo per cápita de los recursos forestales con la pobreza y falta de educación, con proporción creciente en áreas rurales en condiciones de extrema pobreza. Más adelante se abordarán temas específicos del tema de educación. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004)

17. IMPORTANCIA Y POTENCIAL DEL SECTOR

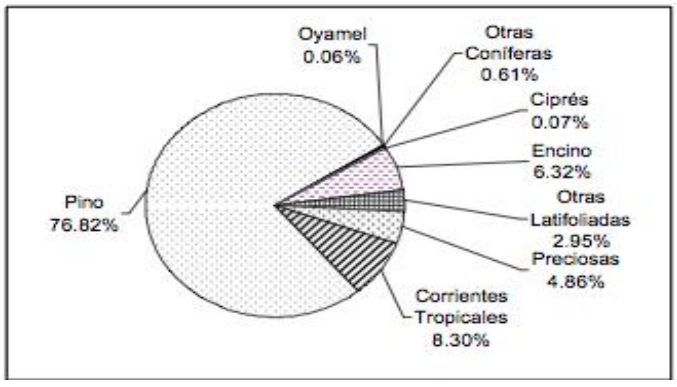
17.1. Productos forestales maderables

Los productos forestales maderables incluyen madera aserrada, contrachapados, tableros, astillas y cualquier otro derivado de procesos primarios de madera que provendrán de plantaciones forestales y del bosque natural. También se puede mencionar la pulpa para producción de papel. (FAO, 2005) En los escenarios del sector forestal para Latinoamérica, los productos con valor agregado serán valiosos porque contarán con un mayor desarrollo tecnológico y eficiencia incrementada unida a procesos sostenibles y a investigación de plantaciones, mercados y producción. (FAO, 2004)

En países como Ecuador, para la pequeña y mediana empresa el suministro de productos forestales maderables ha sido de baja calidad y con defectos en las medidas y dimensiones. Esto lleva a significativos desperdicios en varios rubros como en materia prima, altos costos de producción y baja calidad de los productos finales. (FAO, 2005)

En México, la producción total en la década de 1996-2005 mostró un evidente incremento. En 1996, la producción fue aproximadamente 126,000 metros cúbicos, mientras que en 2004 la producción fue de 343,000 metros cúbicos. Cabe mencionar que también aumentaron el número de permisos forestales, lo que permite concluir que las personas encontraron beneficios en estar debidamente registrados. La producción recayó principalmente en los bosques y el 76% de ésta se concentró en el Pino. En la tabla a continuación se puede observar la producción forestal maderable por especies. (SEDARPA, 2006)

Figura 129. Producción forestal maderable por grupo de especie



Fuente: INEGI, anuarios estadísticos Veracruz, 1997-2005

Se observa así que la principal producción es basada en pino. Esto es un indicador que existe demanda del pino. Si además éste fuera endémico de la región guatemalteca, tendría un alto valor agregado en los mercados internacionales de productos forestales maderables.

17.2. Productos forestales no maderables

En América Latina, se espera un desarrollo especialmente en plantas medicinales, hongos, resinas, aceites y fibras por la consolidación de los procesos de producción, mercado nacional e internacional y la organización de pequeñas comunidades. La agroforestería social será un modelo sostenible de recursos forestales bajo un enfoque de seguridad alimentaria y valor agregado en los productos. (FAO, 2004)

En países sudamericanos, ha sido importante el rol de los productos forestales no maderables a través de productos secundarios que han constituido una fuente importante de su economía. Entre estos productos se encuentran orquídeas, hilos y hongos comestibles. No se cuentan con estadísticas que muestren contabilidad de estos aportes. Sin embargo, todo parece indicar que el aprovechamiento de los productos forestales no maderables es una alternativa rentable. (FAO, 2005) La producción acumulada de productos forestales no maderables en Veracruz, México durante los últimos 10 años fue aproximadamente 59 mil toneladas. La mayor parte de ésta fue palma camedor, pimienta y caña bambú. Estas cifras se indican en el siguiente cuadro. (SEDARPA, 2006)

Tabla 57. Monto acumulado PFNM en Veracruz 1996-2005

No. Años Registrados	PFNM	Volumen Autorizado (ton)	Producción (ton)
8	Pimienta	60,661	25,993
9	Palma Camedor	40,015	31,394
7	Caña Bambú	1,904	1,311
1	Yuca	271	139
8	Hongo Blanco	128	18
1	Heno	14	12
1	Hoja de Uva de Mar	10	10
1	Musgo	1	1

Fuente: INEGI, Anuarios Estadísticos Veracruz, 1997 al 2005.

Se observa, entonces, que existe potencial en los mercados de PFNM. En el caso de Veracruz, se tiene la pimienta, la palma camedor y la caña bambú. Se debe ubicar productos similares en el sector forestal guatemalteco para aprovecharlas y comerciarlas internacionalmente.

17.3. Servicios forestales

En la actualidad se considera al bosque como generador de bienes y servicios que beneficia a la sociedad y le brinda valor agregado, teniendo siempre en cuente su conservación y el enfoque de ecosistemas. Se consideran entre los principales servicios los siguientes:

- Belleza escénica, para desarrollar el ecoturismo.
- Recurso hídrico, puesto que la presencia de bosques contribuye a éste.
- Regulación de gases de efecto invernadero, lo cual provee beneficio tanto local como internacional
- Conservación de suelos, al mantener su productividad y reducir riesgos por erosión y deslaves.
- Disponibilidad de material genético para investigación científica.
- Suministro de productos alimenticios y medicinales. (FAO, 2005)

En otros documentos, se tienen tres ejes fundamentales: el ecoturismo, las cuencas hidrográficas y la captura de carbono. Se cuenta, para cada eje, con el apoyo de autoridades competentes que establecerán estudios técnicos. Estas autoridades pueden ser entidades de Gobierno de cada país. (FAO, 2004)

Todos estos recursos, en la actualidad están sub-aprovechados. No existen metodologías que garanticen valor en su manufactura ni información que refleje de manera exacta la contribución del bosque para la economía. Sin embargo se percibe cualitativamente que los tres ejes fundamentales tienen potencial. El ecoturismo puede ser incentivado por medio del INGUAT, las captaciones de carbono pueden aprovecharse por medio de los bonos de carbono y la parte hídrica contribuye a preservar los suelos. Este último no tiene impacto directo, pero indirectamente contribuye a la sostenibilidad de los dos primeros.

17.4. Fuente de ingresos y generación de riqueza y empleos

En la región Andina, se espera que se intensifique el uso de madera aserrada y derivados. La producción de papel y cartón impulsará el mercado local e internacional según acuerdos de integración comercial. El sector forestal será responsable de mejoras en la generación de empleos y se contarán con tasas preferenciales para el sector. Al hacer esto, se está incentivando el incremento de inversiones y la reactivación del sector forestal no solamente en la región Andina, sino también en el resto de Latinoamérica y, específicamente, en Guatemala. (FAO, 2004)

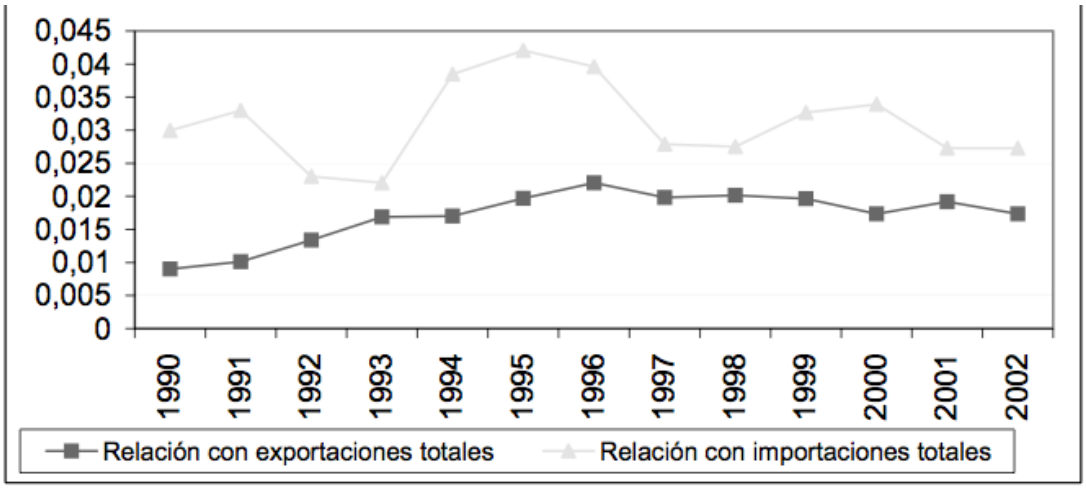
En el tema de Productos Forestales No Maderables, las exportaciones se beneficiarán de los acuerdos comerciales entre regiones y solamente se tendrá que cumplir con los lineamientos y procedimientos acordados para llevar a cabo el comercio. (FAO, 2004)

En el caso de los servicios ambientales, el mayor crecimiento se espera del Ecoturismo. Teniendo ecoturismo sostenible se mejorará la balanza comercial del sector forestal del país. Las cuencas hidrográficas y la captación de carbono todavía no se visualizan como una actividad con rentabilidad que se acerque a la del ecoturismo. (FAO, 2004)

Se ha tenido la experiencia en Ecuador que en los últimos años se ha experimentado una gran evolución en la explotación maderera. Ésta ofrece buena perspectiva como fuente de ingresos para el país. Sin embargo, para que sea sostenible y continúe, se debe ejecutar a través de un programa de producción organizada. La exportación ecuatoriana (principalmente a Colombia y Venezuela) ha totalizado alrededor de USD 100 millones desde 1995 hasta 2000. Esta exportación corresponde principalmente a madera bruta y astillas (30%), tableros contrachapados (27%) y madera de balsa (19%). El resto de la exportación consiste en tableros aglomerados, tableros de fibra, molduras, chapas y muebles. Se concluye que, por la experiencia en Ecuador, la generación de empleo y riqueza a partir del sector forestal es factible y rentable. Si eso se puede lograr en los países sudamericanos, en Guatemala (país principalmente forestal) también es posible. (FAO, 2005)

En el siguiente cuadro se puede observar un dato interesante de Ecuador que puede extrapolarse al resto de América Latina. Se muestra la proporción de exportaciones e importaciones del sector forestal en relación a las importaciones y exportaciones totales. La cifra importante es la de las exportaciones. Se nota que en ningún año supera ni siquiera un 3%. Esto es un problema en países principalmente forestales que podrían basar su economía en ese sector y ser así más productivos y competitivos en mercados internacionales. (FAO, 2005)

Figura 130. Exportaciones e importaciones del sector forestal en relación a exportaciones e importaciones totales



Fuente: Banco Central del Ecuador, 2002
Elaboración: Consultoras Asociadas

17.5. Potencial productivo

A pesar de la existencia de gremiales dedicadas a productos maderables como FEDECOVERA, no existe un adecuado aprovechamiento forestal, la actividad se encuentra subdesarrollada por posibles motivos (falta de interés, visión y liderazgo) los cuales causan una serie de problemas como mala utilización de recursos, restricciones en contra de la silvicultura y un desconocimiento del potencial del bosque el cual lleva a desarrollar escasamente las prácticas para explotar adecuadamente un bosque. (Agenda forestal nacional, 2003). Según cifras del inventario forestal nacional, el volumen potencial comercial a nivel nacional para árboles mayores de 20 centímetros de diámetro a la altura del pecho para 31 especies latifoliadas, está alrededor de 39 249 847 m3, y para las coníferas se ha estimado en 21 855 003 m3. Cabe señalar que las especies latifoliadas se distribuyen en un área mucho mayor y poseen un menor volumen por hectárea que las coníferas, demostrando todo el potencial que no se ha aprovechado en el sector (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004). El potencial se muestra claramente en las siguientes tablas mostrando el potencial productivo de bosques, así como la cobertura en cada departamento con vocación forestal y por especie:

Tabla 58. Potencial productivo de los bosques naturales.

Tipo de bosque	Volumen promedio para troza m^3/ha dap* > 20cm	Volumen promedio para subproductos leña y poste (m^3/ha) dap >20 cm	Volumen promedio leña y poste (m^3/ha) dap < 20 cm
Latifoliado (31 especies seleccionada)	28.72	54.4	48.3
Conífera	37.5	53	14.8
Mixto	47.4	43.2	16.1

dap=diámetro a la altura del pecho (1.3 m)
Fuente: datos del inventario nacional (INAB-FAO 2004)

Tabla 59. Distribución de la cobertura boscosa por departamento.

Departamento	Extensión (ha)	Cobertura boscosa (ha)	% del total del área boscosa
Petén	3,585,400	1,880,000	61.1
Quiché	837,800	323,250	10.5
Izabal	903,800	200,650	6.5
Huehuetenango	740,000	1880,200	6.1
Alta Verapaz	868,600	118,450	3.9
Total			88.1

Tabla 60. Variación de la superficie del bosque natural en Guatemala

Categoría de bosque	1992		1996	
	Área (ha)	% País	Área (ha)	% País
Latifoliadas	3,017,600	27.71	2,778,260	25.51
Coníferas	228,200	2.10	152,760	1.40
Mixtos	127,000	1.17	118,144	1.08
Manglares	17,400	0.16	13,136	0.12
Total	3,390,200	31.13	3,062,200	28.12

Fuente: Plan de acción forestal

18. ASPECTOS SOCIALES Y CULTURALES

18.1. Interés de los actores

El interés de los actores hacia el Sector Forestal ha ido en aumento; de esto se espera que instituciones del Estado se ajusten actividades y promociones del sector por medio de:

- Foros temáticos
- Mesas de concertación
- Oficinas forestales municipales

Como fue mencionado en el capítulo 14, en el INAB actúan en la Junta Directiva miembros de universidades, ONG'S, Gremiales, municipalidades y demás participantes de la sociedad civil, de este modo se tiene mayor participación de todos los actores en lo que concierne a la política forestal.

Una mayor participación va fuertemente correlacionada con buenos instrumentos forestales, que al ser mejorados atraen al primero. A continuación se muestra un listado de instrumentos para la política forestal:

- Concesiones forestales en Petén: Se otorgaron alrededor 380 mil hectáreas a grupos comunitarios organizados en dicho departamento para su aprovechamiento, esto fue en el 2002.
- Proceso de administración forestal municipal: también del 2002, se pusieron en funcionamiento 102 oficinas forestales municipales en un tercio de los municipios del país.
- Acuerdos de paz y la situación agraria: en palabras propias del Gobierno, se dijo lo siguiente de acuerdo a la descentralización de la actividad forestal <<Para fortalecer esta participación comunitaria, y en congruencia con los Acuerdos ya suscritos, el Gobierno reitera su compromiso de descentralización de la administración pública, cuyo objetivo es movilizar toda la capacidad del Estado en beneficio de la población y establecer con ésta un mejor nivel de relaciones, ello requiere entre otras medidas:

- fortalecer los gobiernos municipales y asegurar el efectivo funcionamiento del Sistema de Consejos de Desarrollo.

18.2. Generación de empleo

Con respecto a la generación de empleo, la industria forestal por medio de industria y silvicultura ha generado alrededor del 1.05% de empleo total de la población económicamente activa a principios del 2000, con un notorio aumento en la década, siendo la industria forestal la que ocupa la mayor parte de este porcentaje, ya que entre más valor agregado se le dé a la madera, mayor empleo se genera, la tasa de empleo varía de acuerdo al procesamiento que se realice:

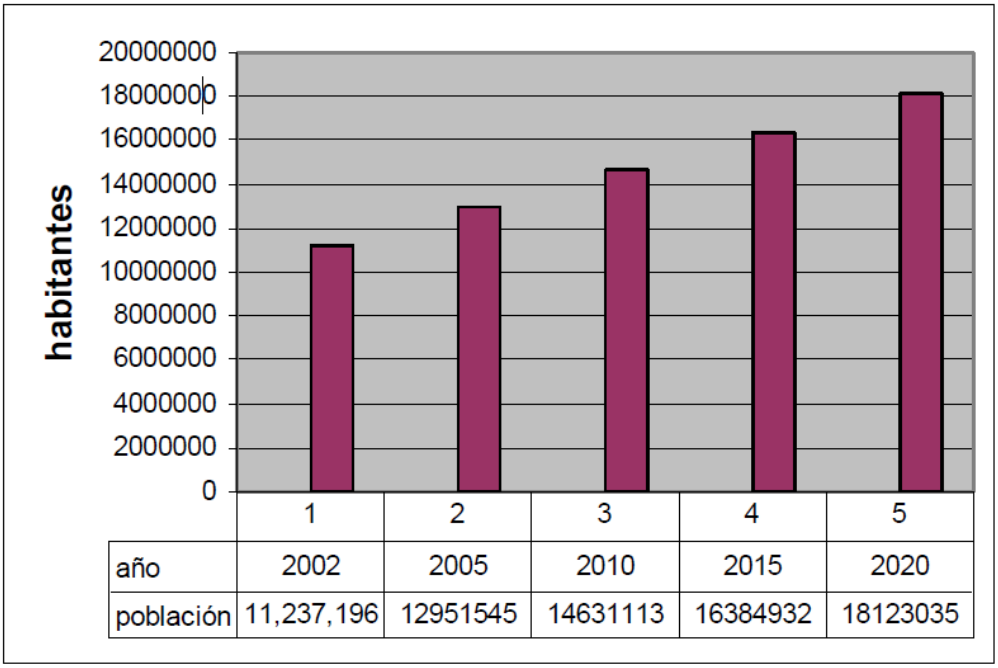
- 1.4 jornales por m^3 para madera en rollo
- 9.2 jornales por m^3 para madera dimensionada
- 13.4 jornales por m^3 para un producto final

Como se observa, aumenta significativamente la cantidad de empleo generada en relación a la cantidad de procesamiento realizado. Otras actividades generadoras de empleo son recolección de semilla, producción de planta en viveros; aunque de cierta forma menos significativa. La recolección de la leña al ser informal y poco regulada en el país no se considera como empleo sino como ocupación. De esto se deriva el hecho de que a pesar de que la tasa productiva media en Guatemala es bastante baja (9,2 mil dólares por empleo) en relación a otros países, el salario y producción promedio de la industria forestal se encuentra sobre esta media, y contando la alta capacidad de generación de empleo de este sector, se considera como motor social potencial para el crecimiento del país, relacionado a mayores ingresos a los participantes de esta actividad.

18.3. Aumento de la población

El aumento de la densidad poblacional genera cambios drásticos en la cultura y sociedad guatemalteca, a esto la poca producción de riqueza y por ende la pobreza llega a repercutir negativamente en el sector forestal, a continuación se muestra una proyección del crecimiento de la población hasta 2020:

Figura 131. Crecimiento poblacional proyectado



Fuente: Estimaciones y Proyecciones de población 1950-2050, INE 1997.

Se observa un aumento considerable y esto afecta al sector de la siguiente forma:

- Obligar a los campesinos a buscar opciones no agrícolas fuera de su lugar de origen.
- El crecimiento poblacional en nuestro país se vincula con el avance de la frontera agrícola, incrementa la demanda de tierras para cultivos y requiere de mayor cantidad de productos forestales sin que este se reponga, como se ve en la cultura forestal.
- La demanda de tierras para usos agrícolas en competencia sin respeto a leyes.
- Las tierras que se encuentran al norte del país, Petén y Las Verapaces, son ricas áreas boscosas con ecosistemas variados; sin embargo son frágiles y no aptos a la agricultura, debido a esto se crea presión sobre estos recursos naturales y sirven como válvula de escape, esto es donde caerán las repercusiones negativas, teniendo consecuencias de deforestación, degradación de suelos y recursos hídricos graves.

18.4. Cultura forestal

En Guatemala se evidencia una cultura forestal poco desarrollada, con el desconocimiento o poco interés de la población sobre el potencial latente de los bosques y de las oportunidades de desarrollo que puede representar para el país. Los diversos actores del sector forestal no han

logrado enseñar a la sociedad guatemalteca el amplio potencial del sector, esto se lograría con el suficiente apoyo a las prácticas de manejo forestal; la forma adecuada de manejar y utilizar el recurso, situación que ha despertado desconfianza hacia las actividades lícitas de utilización del recurso bosque, y ha dado lugar a conflictos entre comunidades, gobiernos municipales, sector privado e instituciones responsables de la administración forestal.

Actualmente nace y permanece un sentimiento negativo hacia actividades que de alguna forma aprovechen sosteniblemente los bosques en la sociedad civil guatemalteca, se han visto intentos de cambio de esta situación con el impulso que ha tomado el movimiento ambiental que ha centrado su atención en la conservación de los bosques, generando en los medios de comunicación y a la opinión pública una visión conservadora en torno al uso de los recursos forestales del país. Esta situación en gran medida ha frenado la ejecución de proyectos que podían haberle dado un impulso al desarrollo del sector forestal.

La escasa cultura forestal es por lo tanto un factor negativo para el desarrollo del sector forestal y de esa forma ha sido reconocido por diversos grupos de actores del sector forestal consultados en el marco de la revisión y actualización del Programa Forestal Nacional. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004)

19. VISIÓN A FUTURO DEL SECTOR FORESTAL

19.1. Escenario optimista

Este escenario tiene como premisa fundamental que se cumplan cambios positivos en el ambiente socioeconómico del país que se verán reflejados en el cumplimiento de los Acuerdos de Paz, la consolidación del Estado de Derecho y la mejora de la institucionalidad. Se mantiene la estabilidad macroeconómica y se tiene un estado de estabilidad política. Se percibe seguridad ciudadana y la población tiene la certidumbre que la propiedad privada será respetada plenamente. La Política Forestal se convierte en el principal fundamento del desarrollo sostenible puesto que atrae inversiones y contribuye a la participación activa en la actividad económica global.

El cumplimiento de las políticas es también un pilar importante en el escenario. Se aplica efectivamente la Política Agraria, la Política Forestal y se integran con otras políticas. Entre estas está la Política de Áreas Protegidas y Biodiversidad, Política Ambiental, Política de Competitividad, Política de ecoturismo, entre otras. (Agregar las que están en el marco teórico.

La Política Forestal y su efectiva aplicación conllevan la implicación de consolidación de instrumentos que actualmente tienen éxito parcial como el PINFOR, Concesiones forestales, Sistemas de Prevención y Control de Incendios forestales, Crédito Forestal y Certificación Forestal. Adicionalmente, se desarrollan otros instrumentos que incentiven la innovación tecnológica. Esta tecnología será útil para la generación de productos con algo valor agregado que serán los que, en su inicio, le darán éxito al sector forestal. Además se desarrollarán mercados de bienes y servicios ambientales como la venta de bonos de carbono.

Afecta en buena parte la situación gubernamental porque sin el apoyo de las instituciones, no se tiene un progreso considerable. Los procesos de gestión local se consolidan. Se unen la administración forestal municipal y mesas de concertación de política. Se consolidan foros y reuniones nacionales entre los que se incluye el fomento de clústers, el sistema de educación forestal y la implementación de programas y proyectos contemplados en el Programa Forestal Nacional.

La modernización de la industria forestal hacia la industria primaria y una industria secundaria eficiente son factores fundamentales. La industria secundaria eficiente es capaz de

utilizar integralmente las trozas grandes y aprovechar los pequeños diámetros. Se utilizan diversidad de especies especialmente aquellas que son poco conocidas pero que tienen un gran potencial comercial. Estas especies llevan a innovación de productos y reducción en costos.

Las políticas de gobierno en las próximas décadas y en los próximos tres gobiernos se orienten a disminuir la presión sobre bosques, se mantenga o disminuya la tasa de crecimiento poblacional y se atiendan efectivamente las necesidades básicas de la población. Además, incentiven el empleo rural con énfasis en actividades agroforestales y ecoturismo combinados en el caso ideal o por separado.

Queda así en evidencia que para que el escenario positivo se manifieste, se deben fortalecer los aspectos de Industria, Aspecto Legal y Educación Forestal.

19.1.1. Manejo de los bosques naturales

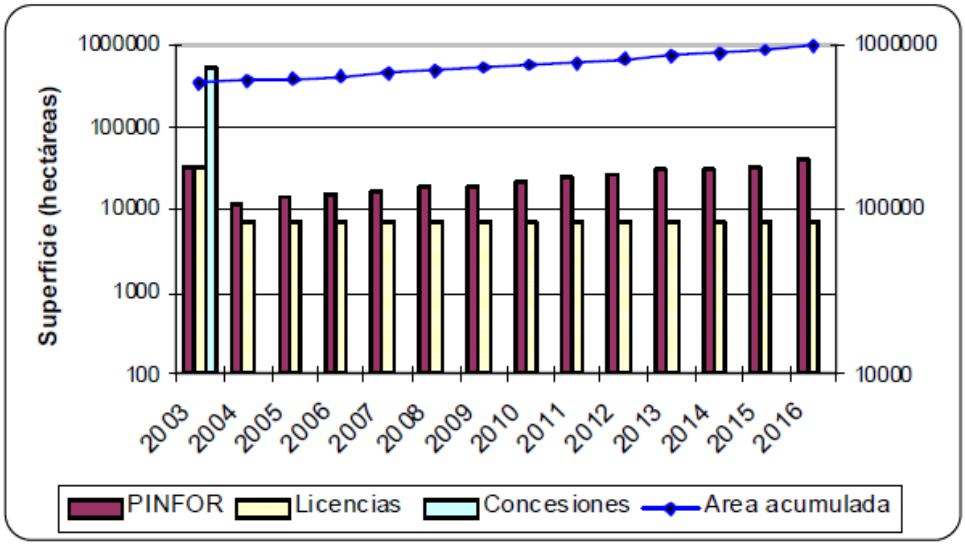
19.1.1.1. Superficie bajo manejo forestal: Los bosques están disponibles pero no están debidamente regulados para optimizar su aprovechamiento. (Villagrán, 2011). Guatemala cuenta con alto potencial de área boscosa para incorporación a un plan de trabajo. Existen alrededor de 2 millones de hectáreas de bosque con potencial productivo que pueden entrar a manejo sostenible y rentable. Solamente dentro del SIGAP, se estima que 1.6 millones de hectáreas de bosques tiene potencial para productos maderables y 1.2 millones de hectáreas para productos no maderables.

Estimaciones indican que la superficie de coníferas en un radio de 200 km de El Rancho, El Progreso, es de aproximadamente 264,000 hectáreas y es factible incorporar unas 6,000 hectáreas adicionales por año. Esta región es en la que se concentra una buena parte de la industria forestal del país y cerca de donde se ubicó la planta de celulosa en años anteriores.

Adicionalmente, estudios realizados en la región de las Verapaces indican que existen aproximada mente 343,000 hectáreas de bosques aptos para el manejo intensivo y 128,000 hectáreas para un manejo extensivo. <<Esto significa que existe un potencial importante para la incorporación de bosques naturales a la producción forestal sostenible, situación que sirve de premisa para el escenario positivo.>>

La proyección de los bosques naturales que se concentrarán bajo alguno de los esquemas de regulación para el año 2020 llegará como mínimo a 1 millón de hectáreas como se observa en el gráfico a continuación.

Figura 132. Proyección de superficie bajo manejo forestal al año 2016 en el escenario positivo



Fuente: FAO, 2004

La consolidación del proceso de Concesiones Forestales de Petén es otro elemento clave para el escenario positivo. Dependerá de la forma en la que se afronten muchos problemas que son sumamente limitantes en la actualidad y se agrupan de la siguiente manera:

- Político-institucional: en este rubro se mencionan la incertidumbre jurídica, trámites administrativos centralizados, engorrosos y repetitivos, tala ilegal, comercio ilegal, presiones sociales en contra del manejo forestal, débil cultura forestal e infraestructura mínima de accesos a los bosques guatemaltecos.
- Económico: incluye incentivos deficientes, contradictorios y poco atractivos, crédito bancario limitado para negocios forestales, problemas con el flujo de caja por las implicaciones de la siembra de bosques, mercado poco diversificado y enfrascado en pocas especies forestales, falta de remuneración adecuada a los servicios ambientales que presta el bosque (e.g. venta de bonos de carbono) y la industria basada en diámetros menores y productos de poco valor agregado (como madera aserrada sin tratamiento químico o incluso trozas).
- Tecnológico: se necesitan mejoras en los sistemas de extracción y transformación de la madera, mejora en la capacitación del recurso humano y desarrollo de planes de manejo eficientes.

19.1.1.2. Enfoque de manejo: En el escenario positivo se vislumbra un cambio en el enfoque del manejo hacia uno más integral con orientación ya no solo a la producción de la madera sino también hacia la producción de bienes no maderables y de servicios ambientales. Estos últimos han ganado terreno en los últimos cinco años del escenario. Los planes actuales contemplan este enfoque.

La importancia mundial que tienen los servicios ambientales y el interés del Estado son los elementos que impulsarán el manejo integral. El vínculo clave será el hidrológico forestal puesto que un recurso implica al otro y, si uno resulta afectado, el otro sufrirá las consecuencias. Sin agua no hay subsistencia de la vida, por lo que queda evidenciada la importancia de utilizarla de manera sostenible.

El aumento de la eficiencia repercute de manera directa en el enfoque del manejo forestal. En las concesiones forestales se elevarán los requerimientos y requisitos. En términos de producción se aumentarán en términos de volumen por hectárea. Se aprovecharán una mayor cantidad de especies forestales. Se promociona el manejo diversificado con objetivo no solo de producción de madera sino otras alternativas productivas forestales. Entre éstas están el turismo, la apicultura, los productos no maderables y los sistemas agroforestales sostenibles. La concesión a mediano plazo evaluará la integración de varios sistemas de producción como agroforestal, grupos de interés, colectores de productos no maderables y grupos de mujeres.

Los bosques del Altiplano están ubicados en zonas hídricas del país y tienen una función múltiple. De primera mano, proveen productos como leña, semillas, frutos y madera. Además, estos bosques cumplen con las importantes funciones de controlar la erosión de las tierras por el agarre de las raíces, la estabilización de tierras con ladera y la regulación del flujo hídrico en la región; el agua pluvial no simplemente se desliza por la tierra sino que es absorbida por los suelos boscosos. Como beneficio adicional, se tiene uno de los principales beneficios del turismo: la belleza percibida por la vista. Estos bosques, por todas sus funciones directas e indirectas, tienen el potencial par mecanismos de compensación por servicios ambientales. El enfoque de manejos de esos bosques será fundamentalmente hacia el aprovechamiento de servicios ambientales y específicamente a mantener y mejorar el vínculo hidrológico-forestal.

19.1.2. Preocupación por el tema ambiental: En años anteriores, el tema ambiental en las empresas era complementario y tenía un carácter puramente opcional. Sin embargo, el comercio internacional y el creciente comercio de productos forestales se están viendo afectados por exigencias ambientales. Se vive una creciente tendencia mundial a adaptarse a la

certificación en el manejo de bosques naturales y plantaciones de los mismos. Los comerciantes se están viendo obligados a seguir la tendencia o quedarse fuera del mercado internacional. El objetivo de estas certificaciones es garantizar la sostenibilidad de los bosques al mismo tiempo que se aprovechan de manera rentable. Como expresaba de manera oportuna un campesino en la Feria de la Proveeduría 2011, no nos deberíamos de terminar nuestros bosques; que nuestros hijos y nietos también puedan aprovecharlos y disfrutarlos.

La certificación forestal está incluida en la Política forestal pero el CONAP la ha impulsado fuertemente en sus normativas para entregar concesiones forestales en Petén. Para abril de 2004, Guatemala contaba con aproximadamente 515,000 hectáreas certificadas bajo el esquema FSC (Forest Stewardship Council). De éstas, el 99% son de bosque natural y el 1% restante es de plantaciones forestales.

Ha quedado en evidencia la necesidad de una certificación de la cadena de custodia, dejando claro el interés de los actores del sector forestal por certificar sus productos desde la semilla hasta el producto terminado con alto valor agregado. Se hace evidente, entonces, la necesidad de un manual de buenas prácticas del sector forestal que marque el paso a paso a seguir por cada uno de los actores para certificar todos los procesos de la madera. Se observa que la certificación se extenderá a las plantaciones establecidas en PINFOR y que los bosques latifoliados aumenten aproximadamente en 90,000 hectáreas.

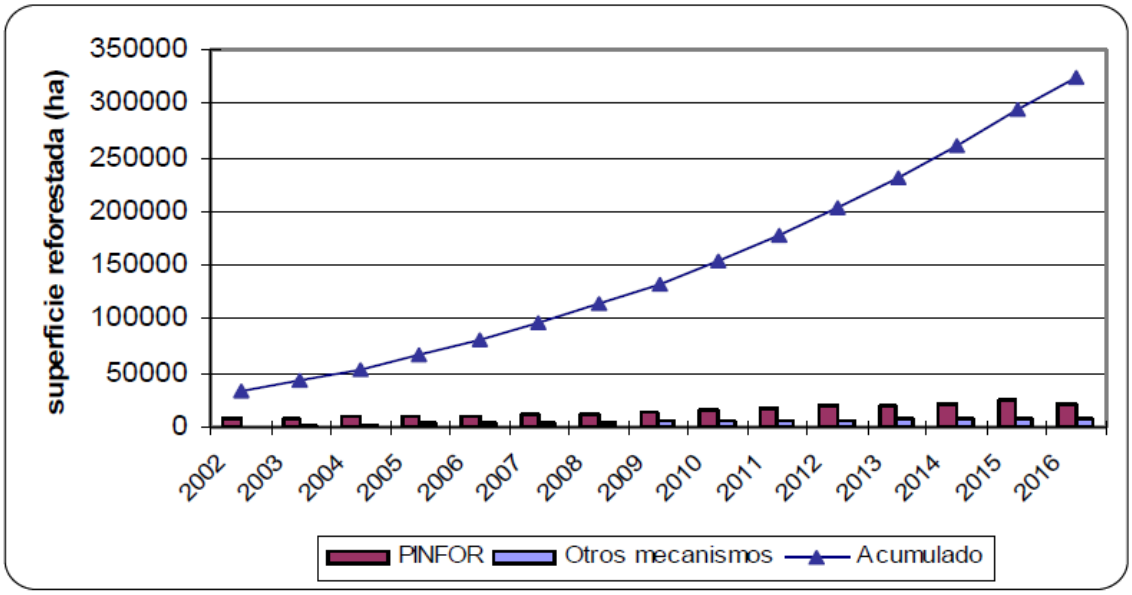
La certificación no es considerada el proceso más difícil sino el cumplimiento de estándares para mantener la certificación. En este punto se consideran las 5S's que significan Clasificar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar y Sostener. En el proceso de certificación se pasará por un proceso que llevará a limpiar y ordenar todo el proceso de producción y al final se habrá logrado la estandarización. Sin embargo, este esfuerzo es en vano si no se mantienen las mejoras. Esto permitirá aprovechar las oportunidades en el mercado mundial a las que se puede acceder por una certificación forestal vigente. La certificación pasa por el proceso de la clasificación de la madera. En particular, de la definición de clases de resistencia.

Se forma el CONESFORGUA que es una organización que impulsa el desarrollo de un estándar nacional de manejo forestal que sea sostenible. Adicionalmente, promocionan la certificación forestal a todos los actores de la cadena de producción.

19.1.3. Plantaciones forestales: El Programa de Incentivos Forestales (PINFOR) es el principal instrumento que utiliza el Estado para fomentar las plantaciones forestales en

Guatemala. Aunque hay otros programas y proyectos para reforestación, no han cobrado suficiente importancia como para ser comparados con el PINFOR. El escenario optimista está basado en el establecimiento de nuevas plantaciones forestales de acuerdo a la implementación del PINFOR. Éste ha logrado alcanzar una tasa de establecimiento de plantaciones forestales de 5,600 hectáreas por año, por lo que si se mantiene esa tendencia para el año que finaliza el programa, en 2016, habrán aproximadamente 250,000 hectáreas. (Ver gráfico a continuación.)

Figura 133. Proyección de superficie reforestada con el PINFOR en el escenario positivo



Fuente: FAO, 2004

Esta meta se logra si efectivamente se asignan los fondos asignados para el programa en el Artículo 72 de la Ley Forestal que establece que el Estado destinará anualmente al INAB el 1% de los Ingresos Ordinarios del Estado para otorgar incentivos forestales. Como se ha fortalecido la institucionalidad y el Estado de Derecho está consolidado, las entidades públicas asignan los fondos como la ley manda.

Los complementos al PINFOR son las reforestaciones voluntarias por parte de organizaciones (tanto lucrativas como no lucrativas), reforestaciones realizadas por la iniciativa privada en la costa sur y compromisos de reforestación a una tasa aproximada de 2500 hectáreas por año. El sector azucarero en la costa sur podría alcanzar una tasa anual de reforestación entre 3000 y 4000 hectáreas adicionales a las consideradas en el PINFOR.

La industria aun puede verse limitadas por varios aspectos:

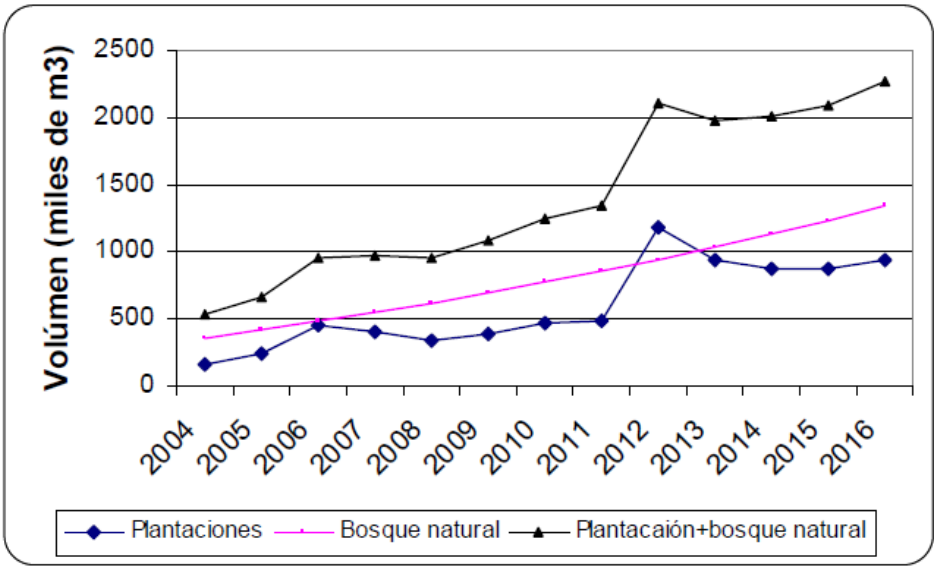
- Escasez de tierras aptas para bosques registradas en el Registro General de la Propiedad (RGP). Ésta es una condición absolutamente necesaria para ingresar al PINFOR.
- Si no mejora la capacidad de la industria, se desincentiva la actividad de reforestación. Si el mercado nacional no puede absorber los productos será un problema.

La certeza jurídica de la propiedad es considerada una limitación en el PINFOR. Esta situación es especialmente problemática para los pequeños productores que en una buena parte de los casos solamente están asentados en los terrenos y los dueños no han llegado a reclamar su propiedad. Entonces, por uno solo de los trámites queda limitado el PINFOR.

19.1.4. Producción forestal

19.1.4.1. Productos forestales maderables: La producción de los productos forestales maderables se calcula ponderando los bosques que ya están bajo manejo forestal y las futuras plantaciones proyectadas. El volumen acumulado de plantaciones forestales antes de establecer el PINFOR es de aproximadamente 2 millones de metros cúbicos. De estos, el 29% son de madera de diámetros menores. Se proyecta, con la implementación del PINFOR, un crecimiento lineal sin considerar las plantaciones de nuevas especies ni del manejo de nuevas plantaciones en la costa sur. Esto implica que la oferta proyectada podría ser aún mayor. A continuación una gráfica con la proyección de la oferta de productos maderables de bosques naturales y plantaciones:

Figura 134. Proyección de plantaciones forestales.



Fuente: FAO, 2004

Se consideran supuestos de eficiencia, plantaciones e intensidad como se describen a continuación:

- Productividad uniforme a lo largo de todas las regiones
- Densidad de 1,100 plantas por hectárea con tres reales a los 6, 12 y 18 años para los bosques de especies coníferas
- Las intensidades de raleo son de 40% para el primero, 50% para el segundo y 40% para el tercero
- En el primer raleo 40% de la madera extraída es madera delgada y en la corta final el 90% del volumen extraído es madera gruesa y solamente el 10% es de diámetros menores.

Las fuentes de materia prima variarán dinámicamente dependiendo cómo vaya evolucionando el mercado nacional y de la modernización de la industria primaria. Existen iniciativas de profesionales con deseos de modernizar la industria y siguen siendo importantes los esfuerzos del Clúster Forestal dentro de la AGEXPORT.

19.1.4.2. Productos forestales no maderables: No se contemplan cambios significativos porque la oferta se ha mantenido con poca variación. En el mediano plazo, esta tendencia no presenta ningún cambio adicional.

19.1.4.3. Servicios ambientales: Los bosques naturales llaman la atención del interés político y público por sus potenciales servicios ambientales. De estos, el principal es el forestal-hidrológico. Se posibilita, entonces, que la función hidrológica se puede convertir en un instrumento importante en la Política Forestal.

El Estado manifiesta su interés por reconocer a los dueños de bosques y remunerarlos económicamente si proveen servicios ambientales. Este interés se lleva a la acción por medio de distintos proyectos como:

- PINFOR, utilizando manejo de bosques y manejo de bosques protegidos
- Programa de Apoyo a la Reconversión Productiva con el Proyecto Piloto de Apoyos Forestales Directos (PPAFD) con el que se generó la remuneración de 10 mil hectáreas de bosques naturales en áreas claves para el recurso hídrico en el altiplano.

La importancia del Altiplano impulsa programas como el Manejo Integrado de Los Recursos Naturales del Altiplano. Éste toma en cuenta la compensación por servicios ambientales y por ecoturismo, los cuales marcarán una tendencia para el resto del país. Los propietarios de bosques

tendrán un interés creciente al observar lucro en la conservación de sus bosques. La mitad de los bosques naturales incentivados tendrán como objetivo la conservación de la masa boscosa y garantía de servicios ambientales. Por lo tanto, se tiene potencial inicial favorable para comenzar la provisión de servicios ambientales.

En Guatemala, el desarrollo forestal se orienta a la búsqueda y conservación de mercados de servicios ambientales más que para la producción de productos forestales. Esto implica un cambio cultural e incentivos que revolucionan el mercado y motivan a los comerciantes y dueños de bosques y plantaciones a migrar a los nuevos (y más rentables) mercados de servicios ambientales.

19.1.5. Mercado y comercio

19.1.5.1. Oferta de la madera: Tradicionalmente la oferta de madera ha provenido de bosques naturales pero desde 1998 ha existido una mayor participación de plantaciones forestales que aportan a la materia prima de la industria. En este escenario se prevé un incremento mayor. La proyección al año 2016 muestra que la madera de plantaciones forestales podría proveer más de la mitad del volumen demandado por la industria forestal, resultando en un aporte aproximado de 400,000 metros cúbicos por año.

19.1.5.2. Demanda de la madera: En el escenario se visualiza a futuro un proceso de modernización que permitiría a la industria local captar en su totalidad la oferta de volumen que proviene de bosques y de plantaciones. Esto implicaría más de un millón de metros cúbicos anuales. Además, el escenario contempla la puesta en marcha de una planta de celulosa que tenga capacidad de demanda de 430,000 metros cúbicos anuales.

La región de Las Verapaces es una de las regiones más importantes del país y representará al menos 120,000 metros cúbicos demandados y tiene un potencial de llegar a demandar 300,000 metros cúbicos si se dan las condiciones de mercado para diámetros menores. La madera en rollo industrial se espera que tenga para el 2020 un demanda de 2 millones de metros cúbicos anuales.

La leña seguirá siendo un producto con alta demanda nacional. Sin embargo se espera que las políticas de desarrollo modifiquen la conducta de la gente en sus patrones de consumo de energía. Se tendrá la posibilidad de acceso a energía eléctrica y gas propano para aprovechar el consumo hídrico del país. El consumo de leña por cápita será menor a los 0.75 metros cúbicos por año. Se espera que más de la mitad de esta madera provenga de bosques o plantaciones manejadas adecuadamente, lo que regulará su uso.

19.1.5.3. Comercio: Los tratados de libre comercio con Estados Unidos de Norteamérica y los Estados Unidos Mexicanos significan para Guatemala importantes herramientas para facilitar el comercio de sus productos en otros mercados. Los tratados por sí mismos no resolverán los problemas de comercio sino que serán el Estado y la iniciativa privada los que deberán explotar al máximo los beneficios que estos implican. La productividad aumenta fruto de la competencia a la que se está expuesto, porque se compite con otros países de la región Centroamericana y del Caribe, como Panamá y República Dominicana, que también están incluidos en el tratado de libre comercio.

Los principales productos con los que se puede competir son la madera sólida, aglomerado, madera contrachapada y productos manufacturados de la madera. Se vislumbra que crecerán las exportaciones hacia Estados Unidos en estos productos. Se enfrentarán retos en el tema de regulaciones ambientales y laborales. El proceso productivo y la administración de procesos y cadena de suministro mejorarán para estar al nivel del comercio internacional.

Guatemala aprovecha los nichos de mercado que le resultan más convenientes. En Estados Unidos requieren una alta calidad de producto, volúmenes mínimos y entrega a tiempo. Actualmente, por el nivel tecnológico que existe en el país, muy pocas empresas están lo suficientemente avanzadas y tecnificadas como para cumplir estos requisitos. El problema yace en la poca tecnología disponible. Los pequeños productores no tienen acceso a ésta pero pueden incursionar en los mercados internacionales haciendo alianzas estratégicas con industrias avanzadas que cuenten con la certificación de buenas prácticas del sector forestal en Guatemala.

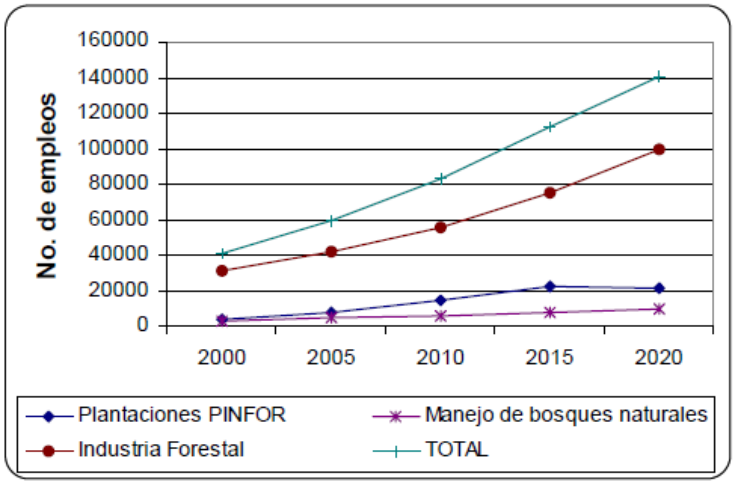
19.1.5.4. Balanza comercial del sector forestal: Las proyecciones indican que la apertura de mercados aumentará las exportaciones de productos de la madera y se incrementarán el ingreso de divisas. Si se llega a abrir la fábrica de celulosa, se podrían incrementar las entradas de divisas. Esto ayudará a disminuir la el boquete de -$146 millones en 2001. Esta brecha proviene principalmente del hecho que, a pesar que tenemos suficiente madera en el país, se importan gran cantidad de productos forestales con alto valor agregado que fueron elaborados en países como Brasil, Italia e Indonesia.

19.1.6. Aspectos sociales del sector forestal

19.1.6.1. Generación de empleo: El empleo va de la mano con el crecimiento económico puesto que contribuye al desarrollo personal. En Guatemala, aproximadamente el 60% vive en el área rural, por lo que la generación de empleo en el sector agroforestal incide de forma

directa. La información del empleo rural en Guatemala es escasa e imprecisa, lo que dificulta la proyección a futuro. Sin embargo, tomando en cuenta los supuestos del escenario, se calcula que para generar un empleo permanente se necesitan 12 hectáreas de plantaciones o 2 hectáreas de bosques naturales bajo manejo. La tasa de crecimiento forestal es de 1.27%. En el gráfico a continuación se muestra el número de empleos que generan las plantaciones del Programa de Incentivos Forestales, el manejo de bosques naturales y la industria forestal, así como el total de los tres.

Figura 135. Proyección de empleos generados por el sector forestal en escenario positivo



La proyección muestra que la mayor generación de empleos viene de la industria forestal pero depende en gran medida del grado de industrialización del sector y el proceso al que se someta la madera. En las concesiones forestales, se generan 1.4 jornales por metro cúbico para madera en rollo y hasta 13.4 jornales por metro cúbico para producto final. Un total de 28,000 familias en un área de 600,000 hectáreas se verían beneficiadas con empleo por las Concesiones Forestales en Petén.

19.1.6.2. Gestión local y organización de actores: Se espera descentralizar completamente el manejo de los recursos forestales. El 100% de los municipios tendrán oficinas de Administración Forestal. Surgirán asociaciones y gremiales para consolidar la organización de la actividad forestal en todo el país. Estas agrupaciones se encargarán de manejar los recursos forestales y de protegerlos también.

Los actores participarán activamente y su principal objetivo será la mejora de la comercialización de los productos forestales. Esta motivación se verá incentivada por el PINFOR. En el tema de las concesiones forestales, se conformarán consorcios para aumentar la capacidad de

negociación y existirá cooperación entre los actores de transformación y los de comercialización de la madera. Trabajando de manera conjunta y con comunicación constante, ambas partes aumentarán sus ganancias. Se desarrollarán instrumentos estatales para fomentar la comunicación entre los que se encuentran foros forestales y mesas de discusión.

19.1.7. Conclusiones del escenario positivo: Los supuestos de este escenario como mejoras en el ambiente socio-político del país, fortalecimiento de la institucionalidad, estabilidad macroeconómica y seguridad ciudadana están consideradas en la Política Forestal. Son éstas las que permiten que se mercadee a Guatemala como un país atractivo para que venga inversión extranjera y tener acceso al mercado global de la madera.

Son claves la implementación y fortalecimiento del PINFOR, concesiones forestales, modernización de la industria, Política Foresta para que se cumplan las proyecciones planteadas. Las industrias primaria y secundaria serán más eficientes en el uso de la troza y diámetros menores. Existirá diversidad comercial y los bajos costos serán el punto de partida para la competitividad en el mercado global. El Estado fortalecerá y apoyará a las instituciones forestales como el INAB y las Oficinas Forestales Municipales.

El mercado interno no debe descuidarse y se debe tener un cuidadoso análisis de la balanza comercial. Se debe mejorar la eficiencia de la industria y trabajar más en la productividad y en la fabricación de productos con alto valor agregado. Por ejemplo, no exportar madera aserrada sin tratamiento, sino exportar muebles de madera a países europeos. El sector forestal es considerado como uno de los principales sectores para convertirse en principales ingresos para la economía nacional. Si se trabajan junto con el turismo (otro de los sectores con mayor potencial) se pueden implementar planes conjuntos que traen grandes beneficios a toda la sociedad guatemalteca.

19.2. Escenario probable

Este escenario es la combinación de los escenarios positivo y negativo junto con la situación actual. La premisa fundamental es que se mantengan los cambios en el ambiente socioeconómico del país. Se mantiene el cumplimiento de los Acuerdos de Paz, la consolidación del Estado de Derecho y la mejora de la institucionalidad. Se mantiene la estabilidad macroeconómica y se tiene un estado de estabilidad política.

Se considera que se aplican los instrumentos de Política Forestal y de leyes afines como la Política de Áreas Protegidas y Biodiversidad Política Ambiental, la Política de Ecoturismo, entre

otras. Se espera que mantengan una tendencia de aplicación efectiva y se logre el fortalecimiento de las instituciones encargadas de su aplicación.

Se tiene como premisa adicional la modernización de la industria forestal hacia avances en la industria primaria y secundaria más eficientes. Esto permitirá el uso integral tanto de trozas grandes como de diámetros menores, además de la utilización de una mayor diversidad de especies en las que es rica Guatemala. Se espera explotar latifoliadas pero también las especies poco conocidas pero que son potencialmente comerciales. Además, esto irá ligado al desarrollo de nuevos productos y a la reducción de costos.

La educación forestal tiene un ligero incremento y la población ya tiene plena conciencia de la importancia de la madera para Guatemala. Se tiene percepción más clara de los usos de madera estructural y del aprovechamiento de diámetros menores. Los actores en la industria están iniciando el proceso de comprender que el mantenimiento adecuado de sus máquinas contribuye a un mejor rendimiento de la troza.

Queda así en evidencia que para que el escenario probable se manifieste, se debe tener una ligera mejora en los aspectos de Industria, Aspecto Legal y Educación Forestal.

19.2.1. Manejo de los bosques naturales

19.2.1.1. Superficie bajo manejo forestal: Resulta factible considerar que aumente, o al menos se mantenga, la superficie forestal bajo manejo. Se espera que las concesiones forestales se consoliden y se prevé que los nuevos montos fijados por el PINFOR determinen un incremento en la superficie de bosques forestales manejados con este programa.

Es muy probable que no se logre alcanzar en su totalidad las proyecciones del escenario positivo acerca de la superficie de bosques manejados por el PINFOR. Esto se debe a que, desde que se inició el programa de incentivos la demanda ha sido menos del 50% de los fondos disponibles, porque resulta un incentivo económico poco atractivo. La superficie de bosques manejados sin PINFOR se espera que se mantenga con una tendencia a incrementarse.

19.2.1.2. Enfoque de manejo: Existe un cambio hacia un manejo más integral con orientación ya no solamente hacia la producción de la madera sino también a los bienes forestales no maderables y servicios ambientales. El nexo hidrológico con el sector forestal cobra más importancia y es probable que constituya la relación entre las políticas del Estado en torno al manejo forestal.

El manejo de bosques en el altiplano será fundamentalmente para servicios ambientales y la tendencia será fortalecida por la implementación de mecanismos de incentivo impulsados por el Estado a través del PINFOR, el Programa de Apoyos Forestales Directos, y el Programa de Cuencas Estratégicas

19.2.1.3. Preocupación por el tema ambiental: El área de bosques certificados en las Concesiones Forestales de Petén se mantendrá y habrá un aumento en el interés del sector público y privado por la certificación de la cadena de custodia y del manejo forestal. Lo anterior se beneficiará por el interés de diversas instituciones internacionales para apoyar el proceso y buscar los mercados para los productos certificados.

En los bosques de latifoliadas, se espera que aumente en 90,000 hectáreas la certificación de unidades bajo manejo comunitario. El interés por la certificación surge alrededor de las plantaciones del PINFOR.

19.2.2. Plantaciones forestales: Siguiendo con la línea de implementación del PINFOR, si se mantiene la dinámica de trabajo y efectivamente llegan los fondos para la implementación del programa, se estima que para el 2016 se tendrán alrededor de 250,000 hectáreas. El principal problema es que en los primeros años del programa desde 1997 hasta 2004, la asignación de fondos por parte del Estado fue inferior a la estipulada por la ley lo que hace pensar que no se lograrán las metas establecidas inicialmente.

Si la tendencia promedio de un aumento d 5,600 hectáreas por año se mantiene, al final del programa se habrán plantado 112,000 hectáreas. La principal limitación es la asignación efectiva de recursos porque la demanda ha sido creciente y para está proyectado que la demanda superará la oferta. Esto resalta la importancia de asignar al fondo la cantidad establecida en la Ley Forestal.

Se espera que se mantengan e implementen otros programas adicionales al PINFOR que contribuyan con el desarrollo forestal. Existe interés en las autoridades estatales por apoyar la reforestación e impulsar programas que promuevan la misma. Esto podría implicar en el mediano plazo tasas de reforestación de entre 15,000 y 25,000 hectáreas anuales. Las plantaciones estarán orientadas a mejorar la calidad constantemente para garantizar producto de buena calidad desde el material genético hasta los productos finales.

19.2.3. Producción forestal

19.2.3.1. Productos forestales maderables: La producción se ha calculado en base a las proyecciones de bosques manejados y las plantaciones establecidas. El escenario probable tiene como origen el volumen acumulado hasta 2003 en las plantaciones forestales con diversos programas previos al PINFOR. Esta cifra está estimada en aproximadamente 2 millones de metros cúbicos de los cuales el 58.3% es madera de diámetros menores entre 10 y 20 centímetros. Se contempla el reto en que la industria guatemalteca desarrolle una mayor capacidad de transformación de materiales para evolucionar de un país exportador de madera aserrada y sin tratar a ser un país exportador de productos con un alto valor agregado. Un incremento constante en la producción proviene del manejo de bosques naturales. La oferta se asemeja a la estimación del escenario positivo.

Las Concesiones Forestales deberán incrementar la producción maderable expandiendo el número de especias aprovechadas. En lugar de utilizar solamente las tradicionales, se aprovecharán las características de especies que son exclusivas de Guatemala. Entre éstas, se pueden mencionar no solamente maderas duras sino también pino que puede ser aprovechado. La demanda de estos pinos exclusivos de Guatemala es alta en el extranjero por ser el único país en el que puede crecer. Según estimaciones del CONAP, el 80% de las especies explotadas de las concesiones forestales se concentra entre 6 y 8 especies de las llamadas maderas preciosas. Se busca abrir mercado para otras especies latifoliadas que sean abundantes pero que no son tan conocidas en el mercado internacional. Se espera que en el mediano plazo se amplíe considerablemente el número de especies a aprovechar para exportar a mercados internacionales de alto nivel.

19.2.3.2. Productos forestales no maderables: No se contemplan cambios significativos porque la oferta se ha mantenido con poca variación. Esta oferta compone chicle, pimienta, xate, y bayal, entre otros. Es posible un incremento en la producción de xate por el interés mostrado por el sector cafetalero. La madera continúa siendo el principal producto forestal. Sin embargo, se espera incremento en la producción de madera dimensionada y tratada químicamente, aglomerado y contrachapado. Estos productos le permitirían a Guatemala competir en el mercado estadounidense bajo el Tratado de Libre Comercio. En el mediano plazo, esta tendencia no presenta ningún cambio adicional.

19.2.3.3. Servicios ambientales: Se espera un creciente interés por parte del Gobierno para el reconocimiento de servicios ambientales que complementen la Política Forestal.

El Estado impulsará el fortalecimiento de instrumentos para promover los servicios forestales. Se impulsará el PINFOR con el Programa Piloto de Apoyos Forestales Directos y programas de manejo de cuencas. Esto dará mayor atención a los servicios vinculados a los bosques como las fuentes hídricas. Se espera que el interés de los propietarios de bosques naturales aumente especialmente en la región de los bosques de Occidente y el Altiplano Central.

19.2.4. Mercado y comercio

19.2.4.1. Oferta de la madera: La oferta de la madera cambiará significativamente. La madera procesada por la industria forestal viene principalmente de bosques naturales. Desde 1998, se tiene una tendencia de mayor participación de las plantaciones forestales para materia prima para la industria. Se prevé que la tendencia será a incrementarse esta participación. Las proyecciones muestran que los volúmenes de madera de plantaciones forestales representarán más del 50% del volumen demandado por la industria forestal nacional.

19.2.4.2. Demanda de la madera: La demanda de la madera bajo el escenario probable depende en gran medida del crecimiento que haya podido lograr el sector industrial forestal en Guatemala. La expectativa se mantiene en establecer industrias capaces de procesar los volúmenes que los diámetros menores proporcionarán. También está ligado el manejo de las plantaciones forestales bajo la responsabilidad estatal. Se tiene previsto la instalación de una planta que pueda aprovechar los diámetros menores. Por esta razón es probable que se incremente la demanda hasta cubrir casi la totalidad de la oferta. El uso de la madera como leña seguirá creciendo a medida que continúe el crecimiento poblacional. Sin embargo se espera que el consumo por persona no sea mayor a los 0.75 metros cúbicos por año.

19.2.4.3. Comercio: En el caso del escenario probable, se tiene que la mayoría de la madera se seguirá destinando para mercado y consumo interno. Sin embargo, existe la esperanza que los tratados de libre comercio firmados por Guatemala fomenten las exportaciones y creen los incentivos adecuados para explorar otros mercados sin el cargo de los impuestos.

En los primeros tres años el sector forestal no se verá beneficiado por los Tratados de Libre Comercio firmados con Estados Unidos. Se observa que esto es similar al Tratado de Libre Comercio que se firmó con los Estados Unidos Mexicanos que se firmó en el año 2000 y todavía no ha tenido impacto significativo en el sector forestal.

La capacidad de tomar ventaja de estos tratados depende de la capacidad que logre desarrollar el sector privado y el gobierno. En este aspecto, se debe tomar en cuenta que al existir

un TLC con Centroamérica, se tienen importantes y fuertes competidores que están deseosos de tomar el mercado. Si bien se abrieron las puertas, también se ingresó a un mercado más competitivo y feroz ante el cual se debe evolucionar rápidamente. Adicionalmente, se deben tomar en cuenta los países que entrarán al Área de Libre Comercio de las Américas (ALCA).

Los dueños de bosques certificados deberán explotar al máximo esta ventaja. La certificación proporciona una delantera en el posicionamiento de productos en nuevos mercados. Esta ventaja permite hacer una segmentación del mercado en la que se divide a todos los participantes del mercado de acuerdo a sus características relevantes al producto forestal. Una vez se tiene clara la imagen de los mercados, se escoge un segmento para atacar. Aunque se hizo más pequeño el mercado objetivo con la segmentación, se tiene una mayor facilidad para comunicarse con ellos y para hacer un negocio rentable.

Una vez hecha la segmentación y escogido el nicho de mercado se posiciona el producto. La percepción de los clientes es la realidad, por lo que se debe luchar por obtener un lugar privilegiado en la mente del consumidor. La certificación será una herramienta que permitirá tener un posicionamiento adecuado.

19.2.4.4. Balanza comercial del sector forestal: La balanza comercial tendrá un resultado negativo pero la diferencia disminuirá. Sin embargo, de esto depende la capacidad de la industria de enfrentar el mercado (tanto interno como externo) con productos de óptima calidad y de valor agregado. También depende del hecho de si se instala o no la empresa que procese los diámetros menores.

19.2.3. Aspectos sociales del sector forestal

19.2.3.1. Generación de empleo: Existe la posibilidad que no se cumplan las proyecciones planteadas en el escenario positivo. Sin embargo, las estimaciones conservadores esperan que se generen más de tres millones de jornales solamente a través de plantaciones impulsadas por el PINFOR. De nuevo, la expectativa depende de la capacidad de la industria porque ésta es la que genera la mayor cantidad de empleos en el sector.

19.2.3.2. Gestión local y organización de actores: El proceso de descentralización de recursos forestales tendrá un avance positivo. Se fortalecerá técnicamente y financieramente la Administración Forestal Municipal. El escenario contempla llegar al menos al 75% de los municipios del país.

19.2.4. Conclusiones del escenario probable: El escenario probable depende de tres premisas importantes para que se cumpla:

- Adecuado cumplimiento de políticas relacionadas con el sector forestal con énfasis en PINFOR y la organización de actores en la gestión local.
- Relación entre las instituciones vinculadas al sector forestal.
- Desarrollo técnico de la industria primaria y secundaria del sector forestal.

Las tendencias que se han observado en los últimos años muestran que el escenario probable tiene más posibilidad de acercarse al optimista que al pesimista. Sin embargo, esto dependerá de la estabilidad en las políticas forestales y las instituciones que se renueven con el cambio de gobiernos en el tiempo contemplado en los escenarios.

*A menos que se indique lo contrario, todo el capítulo es de la fuente (FAO, 2004)

19.3. Escenario pesimista

19.3.1. Factores de un escenario pesimista: Existen un conjunto de factores que al llegar a darse en los siguientes años y no hacer nada al respecto afectarían al sector forestal de forma negativa. Estos factores se muestran a continuación:

- Incumplimiento de:
  - Políticas macroeconómicas
  - Procesos de cambio orientados a la modernización del Estado
  - Esfuerzos institucionales y ambientales
  - Acuerdos de Paz
  - Estado de Derecho
- Institucionalidad en el país.
- Desarticulación entre industria primaria y secundaria
- No consolidación de instrumentos forestales:
  - Programa de Incentivos Forestales
  - Concesiones Forestales
- Modernización de métodos forestales
- Modernización de tecnologías forestales

- Gestión local y municipal
- Consumo creciente y no lineal de leña
- Problemas de tierras relacionados a invasiones y falta de certeza jurídica en el catastro nacional
- Inestabilidad macroeconómica del país en desmedro de la rentabilidad de establecimiento de plantaciones (sobre todo en época electoral)

(Diagnóstico y marco de referencia, 2010) (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004)

19.3.2. Cambios en el mercado en el sector: Todo lo anterior es un conjunto de premisas que dan lugar a que la inversión en el sector se aleje, que los beneficiarios la pérdida de credibilidad y consecuente abandono de proyectos; y por parte del Estado la falta de confianza en la inversión y por consiguiente que no se asignen recursos al sector forestal, un mercado nacional y global prácticamente incipiente para la oferta maderable, con consecuencias graves para el sector. Comercialmente debido a la falta de manejo y tecnología, las plantaciones y la madera en rollo tenderá a disminuir en referencia al volumen actual (820,000 m^3 anuales), y debido a falta de buenas prácticas se desechará alrededor del 60% entre volumen de entrada a un proceso y del volumen procesado. En este escenario los tratados de libre comercio representarían una amenaza al país, ya que la falta de capacidad del sector forestal para mejorar el proceso productivo y competir con éxito en dichos mercados incrementaría la importación de productos, además que dada su aprobación, estaría representando una merma en los ingresos por aranceles de alrededor de Q400 millones a lo largo de mediano plazo. Asimismo la exportación de madera con valor agregado será incipiente y predominara la madera en estado inicial como principal exportación, aunque esta además se importara hacia el país rebajando la producción de ésta. Se puede deducir que el déficit de productos comerciales en la balanza comercial aumentara, debido a lo anterior y a que no se hará nada para producir papel y cartón del país. Lo anterior conlleva a otro problema adicional, que es la falta de empleo, que si se llega a cumplir esto habrán pocas oportunidades de crecimiento laboral, incluso llegando a un decrecimiento, teniendo que recurrir la población al autoempleo informal. En el rubro comercial se pueden agregar además las siguientes amenazas que deberá afrontar el país en un escenario negativo:

- Importación de madera de países con niveles de competitividad altos como Chile (principal importador de madera aserrada de coníferas a Guatemala)

- Costo alto de la madera por falta de oferta y altos costos de transporte
- Costos de logística elevados por limitaciones de carga
- Falta de formación técnica y profesional en asuntos de Industria primaria forestal
- Extrema dependencia de Estados Unidos en Exportaciones de maderas finas y con valor agregado.
- Mal estado de carreteras que pueden afectar el acceso a las plantaciones y los bosques.
- Disminución del precio internacional de contrachapados.
- Disminución del poder de compra de los países consumidores (crisis financiera internacional) en especial Estados Unidos en el tema de madera aserrada. (Diagnóstico y marco de referencia, 2010). (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004). (Estrategia financiera forestal, 2008)

19.3.3. Cambios en la economía: Como consecuencia económica y de acuerdo a estudios realizados los indicadores de un escenario negativo debido a las causas mencionadas anteriormente, indican un posible crecimiento en el PIB entre 1 y 2.5 por ciento; un déficit fiscal de 2 a 4 por ciento; una inflación de ll a 15 por ciento; tasa de interés activa de 20 a 21 por ciento, carga tributaria de 9.5 por ciento, en general todo esto representa una baja esperada de -5% de los ingresos corrientes en cada año provenientes del sector forestal, con respecto a la actualidad, siendo los anteriores indicadores negativos para la inversión en el sector forestal. Todo esto se dará a mediano plazo, siendo un rango de tiempo esperado dentro de 3 ó 4 años, a más tardar para el 2020. (Diagnóstico Forest Connect, 2008) (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004) (Estrategia financiera forestal, 2008)

19.3.4. Cambios en el manejo forestal: De seguir estos problemas originados en los factores se llegarían a dar también las siguientes consecuencias en el manejo forestal: se prevé la disminución de la superficie debido a un aumento de las talas ilícitas, llevando a pérdidas de bosques naturales certificados y aumento de bosques sin certificación. Se esperaría también que la proyección de los bosques naturales con fines de producción, para el año 2020 sea inferior a la superficie manejada al año 2003. Asimismo se debilitará el Proceso de Concesiones Forestales y PINFOR; todo esto hace suponer que la superficie de bosques manejados y por consiguiente los beneficios económicos del manejo forestal disminuirán respecto a la actualidad. Como se ha venido diciendo desde el marco de referencia y con respecto a las talas ilícitas los problemas, los bosques naturales seguirán siendo la principal fuente de abastecimiento de materia prima para madera y leña

para los coloquialmente llamados “zompopos”, y muy probablemente se incrementará la tala ilegal; y el cambio de uso de la tierra para usos no forestales, lo cual incidirá negativamente sobre la cobertura forestal del país. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004)

19.3.5. Cambios en la industria: Con respecto a la industria forestal, al no llegar a modernizarse para una demanda global, la oferta que se viene apoyando de proyectos de reforestación desde hace ya varios años se encontraron poco rentables, no habrá una salida global definida y se pondrán en riesgo inversiones. Esto conllevara al poco estímulo de la reforestación, cifras de estudios indican que difícilmente se reforestarían 2,500 hectáreas anuales. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004)

19.3.6. Cambios en las instituciones: Este escenario negativo también involucra a las instituciones y sus programas, la producción de servicios ambientales de los que destacan el PINFOR y otros programas como Proyectos Pilotos de Apoyos Forestales Directos y Manejo Integrado de Recursos Naturales del Altiplano no se logran consolidar, y se pierde el interés de propietarios de bosques de administrar éstos, si existiera algún interés sería de carácter aislado. Además debido al incremento de la tasa de inflación en los Estados Unidos, obligará al incremento de las tasas de interés, obligando al gobierno a recurrir al pago de la deuda, dejando a un lado inversión en el país, entre lo que se encuentra el sector forestal. (Estrategia financiera forestal, 2008) (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004)

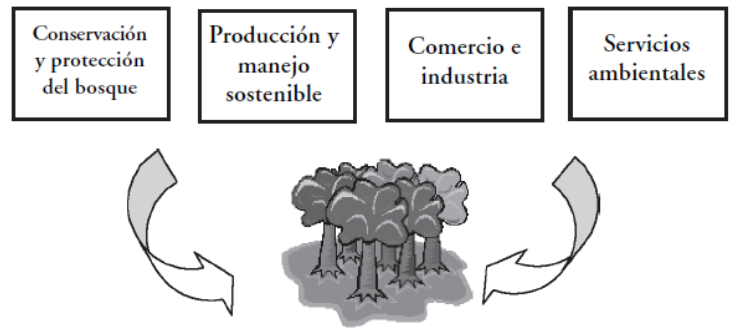
19.3.7. Cambios en la información: Por último, el sector educación también sufrirá un declive, llevando abajo consigo la educación forestal en los tres niveles necesarios, ya que se observan amenazas en el futuro de baja preparación en ciencias básicas en alumnos de educación media, aumentando la deserción, déficit de especialistas capaces de prestar servicios en escuelas técnicas y universidades y falta programa de investigación forestal que fomente el desarrollo de temas específicos que son de importancia para el sector. Como se viene tratando en este escenario el interés en el sector disminuirá, por lo que los pocos egresados en áreas forestales con deseos de participar en el mercado forestal se verán poco remunerados o aún faltos de oportunidades en programas de investigación forestal tanto del estado como de empresas privadas, alejando a mentes brillantes y llenas de ideas del sector por falta de incentivos. (Diagnóstico y marco de referencia, 2010)

20. ESTRATEGIAS DEL SECTOR FORESTAL

20.1. Áreas sustantivas

En este capítulo se presentan los temas y estrategias que el Subsector Forestal ha identificado como necesario a cumplir para que los ecosistemas de bosques, constituyan un elemento de satisfacción y desarrollo social, económico y ambiental que encaminen a un escenario positivo, distinto al visto en el capítulo anterior. Los mismos constituyen el producto de la fase de revisión del Programa Forestal Nacional Guatemala y para facilitar su seguimiento estos se encuentran sistematizados en dos grandes componentes: Áreas Sustantivas y Áreas de Apoyo. A continuación se observa su interrelación en el siguiente diagrama:

Figura 136. Áreas sustantivas y apoyo del sector forestal



Sector forestal

Políticas, marco jurídico, instituciones de operación de política, actores y organización.
Variables: financiamiento, información, educación, extensión, comunicación (competitividad, intersectorialidad), investigación y aspectos estructurales como pobreza, analfabetismo, certeza jurídica sobre la propiedad y gobernabilidad.

Áreas de Apoyo (Fortalecimiento Institucional)

Los objetivos deben trabajar de forma sinérgica, simultánea y enfocada a estas dos áreas. Para determinar la situación del subsector forestal se utiliza una interpretación sistémica. En base a la misma el objetivo del sector gira en torno a los recursos forestales, donde interactúan las actividades de manipulación de áreas sustantivas: conservación y protección del bosque, producción y manejo sostenible, comercio e industria y, servicios ambientales. Las áreas sustantivas se apoyan por áreas que engloban los siguientes elementos: políticas, marco jurídico, instituciones de operación de política y, actores y organización. A éstas se adicionan otras como financiamiento, información, educación, extensión, comunicación y armonización entre instituciones regidoras y de investigación y aspectos estructurales como pobreza, analfabetismo, certeza jurídica sobre la propiedad y gobernabilidad. (Agenda Nacional Forestal, 2003)

Las estrategias fueron planteadas de acuerdo que todas llegaran a cumplir una misma visión de un escenario positivo y objetivos benéficos del sector forestal de Guatemala, todo esto siendo definido en base de un proceso participativo y consensuado bajo la consulta de diversos talleres, entrevistas y fuentes confiables entregadas por asesores y fuentes de información brindadas por diversas entidades, como AGEXPORT, INAB y biblioteca propia de la Universidad del Valle de Guatemala por mencionar algunos sectores que intervienen en las áreas temáticas y de fortalecimiento del subsector forestal. Los resultados de estas estrategias se encuentran aseguradas y confirmadas de su funcionamiento por los distintos documentos consultados y los diversos actores del sector de los que se obtuvo información de primera mano. Además entre las estrategias se cuenta con una herramienta de gran valor y que participa en todas las áreas de apoyo como lo es el PINFOR, que promueve incentivos por hectárea en tierras para reforestación y producción como se verá más adelante.

Se espera con base al cumplimiento de estas estrategias que en el año 2020 en largo plazo el subsector forestal guatemalteco logre sosteniblemente y que contribuya económica, social y ambientalmente, que logre orden y consolidación forestal del país y que afiance la existencia de los ecosistemas y recursos forestales y su funcionalidad como proveedora de bienes y servicios. Objetivos más específicos se desglosan de este como se ve a continuación:

- Garantizar espacios de diálogo e investigación permanente, nacional y departamental.
- Lograr un establecimiento de este marco de organización para que oriente los programas de conservación de todos los bosques del país bajo una institución descentralizada.

- Fortalecer la capacidad nacional de selección de proyectos sociales forestales.
- Otorgar al sector forestal de suficientes instrumentos técnicos, financieros, económicos e institucionales que logren mejorar su gestión pública, privada y comunitaria.
- Contribuir a posicionar el tema forestal comenzando por los procesos y producciones del sector tanto en el ámbito nacional como internacional.
- Incentivar el uso y manejo sostenible de sistemas forestales. (Agenda Nacional Forestal, 2003)

Con el PINFOR específicamente se buscan los siguientes objetivos:

- Mantener y mejorar la producción forestal sostenible, incorporando los bosques naturales a la producción económica productiva.
- Incorporar tierras de vocación forestal desprovista de bosques a la actividad forestal, a través del establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales y/o la regeneración natural.
- Generar una masa crítica de bosques productores de materia prima para el desarrollo de la industria forestal,
- Incentivar el mantenimiento y la creación de bosques para la generación de servicios ambientales. (Reglamento del programa de incentivos forestales, 2004)

20.2. Conservación de bosques y reforestación

Las estrategias actuales abarcan entre sus áreas sustantivas la importancia de la conservación de bosques dentro del sector, incluyendo dentro de estas todos los actores y documentación legal para hacerla posible, como lo es La Ley de Áreas Protegidas y la Estrategia Nacional de Biodiversidad, todas estas se encuentran bajo la guía del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas como la forma de conservación en el país, la cual engloba todas las áreas protegidas de acuerdo a sus categorías de manejo para la protección de los ecosistemas, recursos forestales y la biodiversidad encontrada en el sitio. (Agenda Nacional Forestal, 2003)

Las estrategas contemplan armonización entre legalidades y políticas con el mantenimiento de recursos naturales, de modo que no haya contradicción entre lo planteado por el INAB y CONAP mejor definido en las estrategias de instituciones. Asimismo la vinculación con

otros sectores de valor económico como aguas energía o construcción por medio de las estrategias de producción y comercialización se llegara a ver un mayor interés en la conservación de bosques, las mismas deben implementar una política sobre el pago de servicios ambientales como estrategia para generar beneficios económicos a comunidades ubicadas en las zonas productoras de agua (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004)

El SIGAP es el conjunto de todas las áreas protegidas del país y las entidades que las administran. Fue creado para lograr los objetivos de conservación, rehabilitación y protección de la diversidad biológica y los recursos naturales del país. Actualmente, el SIGAP está conformado por 162 áreas protegidas localizadas en el territorio nacional, entre estas se encuentran las áreas forestales al ser estas fuentes importantes de recursos naturales así como los demás recursos que se encuentran interrelacionados y el potencial económico que tiene. (CONAP, 2011)

Dentro de los planes de este sistema como se mencionó se encuentra el plan de Estrategia Nacional de Biodiversidad el cual plantea dentro de sus estrategias que incluyen como foco principal los recursos maderables (bosques) la participación indispensable del INAB así como participación de un CONAP más fuerte, el conjunto de estrategias planteada con fuerte énfasis en la conservación de bosques se muestra en orden a continuación: (Estrategia nacional de biodiversidad, 2000)

- Definición y priorización de bioregiones: Ecosistemas silvestres y sistemas agropecuarios altamente relacionados y dependientes, definidos por fronteras ecológicas, fisiográficas y sociales, como los Cuchumatanes o Sierra de las Minas.
- Incluir el valor económico de la biodiversidad y los recursos naturales en las cuentas. Para esto están las siguientes estrategias a corto plazo:
    - Convenio de apoyo técnico entre el Banco de Guatemala y el Banco Mundial.
    - Involucramiento de las entidades ambientales para apoyar en el cálculo del valor del capital natural.
    - Realización del inventario nacional de recursos naturales y el cálculo del su valor económico.
    - Incorporación del valor de la biodiversidad y los recursos naturales a las cuentas nacionales (PIB).
- Fomento al manejo productivo de los bosques naturales comunales y otras áreas de interés para la conservación.

- Estudios de valoración económica de los servicios ambientales, de modo que se logre compensar a los inversionistas.
- Creación de regiones de conservación: Las acciones a realizar en esta estrategia junto con MAGA y son:
    - Definición y delimitación de las Regiones.
    - Creación de las regiones en el reglamento del CONAP.
- Identificar áreas críticas de vulnerabilidad en regiones más críticas que otras.
- Certificación de los productos de flora silvestre producidos sosteniblemente: La tendencia hacia la certificación en el mercado internacional para productos de origen silvestre es irreversible, por lo que el Estado, a través del CONAP y las instancias de la iniciativa privada afines a los recursos naturales y la exportación deben promover la certificación. Se contempla que las entidades forestales y de comercio como AGEXPORT cumplan con esto.
- Estrategia nacional de prevención y control de incendios: La CONRED y las municipalidades deben actuar activamente con ayuda de la población, muy de la mano con estrategias educativas, a corto plazo se busca:
    - Actualización y mejoramiento continuo de la Estrategia Nacional de Prevención de Incendios.
    - Desarrollo de planes locales y equipamiento en áreas de mayor riesgo.
- Manejo sostenible y reforestación de la cobertura boscosa y el manejo de áreas críticas para reducir la compactación de suelos, mejorar la capacidad de absorción, disminuir las inundaciones y derrumbes en áreas agrícolas, reducir las condiciones que favorecen los incendios y proteger contra sequías y desertización. Las acciones a tomar son:
    - Programa de incentivos forestales (PINFOR) en zonas vulnerables.
    - Promoción de la inversión forestal con especies nativas de crecimiento rápido.
    - Control y monitoreo de bosques naturales.

Además de las estrategias anteriores, se incluyen estrategias conjuntas de la ENB de acuerdo a la ya creada Ley de Áreas Protegidas, donde muchas estas constituyen ecosistemas naturales remanentes, los cuales están sometidos a fuertes presiones y altamente amenazados por agentes externos, que los hacen susceptibles a la fragmentación, degradación y destrucción. Para esto se contempla instaurar los Corredores biológicos como una estrategia para mantener la conectividad de las áreas protegidas del SIGAP asignándole recursos técnicos, administrativos y

financieros. Las áreas definidas de forma estricta y las instituciones encargadas se especifican en los siguientes cuadros: (Agenda Nacional Forestal, 2003)

Tabla 61. Modalidad de administración de áreas protegidas

Modalidad de administración	ZAM	I	II	III	IV	V	VI	TOTAL
Instituciones de gobierno								27
INAB	1	6						7
CECON-USAC			6	1				7
INGUAT						1		1
IDEA	2		5					7
Municipalidades		1			4			5
Delegación sociedad civil								17
FUNDAECO	1			1				2
Defensores de la Naturaleza	1	1		1			1	4
Empresas particulares / reservas privadas						11		11
Co-administración								33
CONAP – Concesiones							1	1
CONAP- municipalidades				2				2
CONAP-IDAEH			1					1
CONAP-INAB				1				1
CONAP-TRIFINIO		1						1
INAB-CONAP		1	25					26
INAB-CONAP-municipalidades			1					1
CONAP	5	9		6			2	22
TOTAL	10	19	38	12	4	12	4	99

Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación; Plan de Acción Forestal para Guatemala. 1994.

Para las administraciones entre varias entidades forestales existen las políticas específicas las que regula la administración de una área protegida por parte de la sociedad civil en forma conjunta con CONAP, esto se fundamenta en la búsqueda de alianzas efectivas que permitan asegurar inversiones de la sociedad civil para la conservación de los ecosistemas y, a la vez, proveer de servicios ambientales a la población. Bajo esta modalidad se tienen 33 áreas protegidas en sus diferentes categorías de manejo cuyo otorgamiento de concesiones dentro de áreas protegidas al sector privado ha permitido asignarle certeza de manejo a los recursos naturales y culturales. (Agenda Nacional Forestal, 2003)

Los Programas de incentivos forestales ya mencionados en este documento se consideran los más exitosos, los cuales específicamente consisten en un instrumento de la Política Forestal Nacional de largo plazo, promovido por el Instituto Nacional de Bosques que busca impulsar el fomento de la producción forestal sostenible en el país, mediante el estímulo en las actividades de forestación, reforestación y manejo de bosques naturales. El programa surge en 1997 como una

herramienta de la política forestal nacional de largo plazo, cuya vigencia es de 20 años, esto es hasta el 2016, con la cual busca responde a una urgencia para promover la reforestación y manejo forestal a través de pagos en efectivo a aquellos propietarios, individuales o comunales, que decidan invertir en la actividad forestal productiva. (Reglamento del programa de incentivos forestales, 2004)

Los incentivos de este programa se entiende como un pago de efectivo que el Estado otorga al propietario de tierras para vocación y proyección forestal para reforestación en este caso, este se otorga solamente una vez para la misma área, los incentivos indicados por reforestación se indican a continuación:

Tabla 62. Pago de incentivos de acuerdo al año

Año	Incentivo (Q/ha)
0	5,000
1	2,100
2	1,800
3	1,400
4	1,300
5	800
Total	12,400

FUENTE: Reglamento del programa de incentivos forestales, 2004

El Programa ha logrado establecer 90,623 ha de plantaciones forestales a nivel nacional, por lo que continuar estos programas a largo plazo junto con las estrategias y el conocimiento de áreas críticas, encaminaría a un probable escenario positivo en el 2020. (Diagnóstico y marco de referencia, 2010)

De igual forma estas estrategias se pueden llevar con el programa de Incentivos Fiscales, los que se iniciaron en 1975, los objetivos definidos fueron: aumento de la cobertura forestal, incremento de la vida silvestre, reducción de la contaminación ambiental, protección a suelos y mejoramiento del mismo, generación de empleo, aumento en el nivel de vida de los pobladores y contribución al desarrollo económico. Este programa está llevando a cabo los proyectos autorizados hasta 1997 y cuenta con la supervisión de INAB. Actualmente el programa de Incentivos Fiscales ha logrado la reforestación de un total 19,500 ha. Este programa hizo una inversión aproximada de 274 millones de quetzales durante su vigencia. (Diagnóstico y marco de referencia, 2010)

Otro programa para la implementación es el programa de reforestación masiva del Nor-Oriente, se conocen como el Programa de las 5,000 hectáreas, debido a la meta anual de incorporar anualmente 5,000 ha nuevas. Este se inició en 1988 con el fideicomiso otorgado por AID y administrado por la Corporación Financiera Nacional (CORFINA). Aunque el programa fue generado con la finalidad de producir materia prima para la empresa Celulosas de Guatemala, S.A. (CELGUSA), incentivaba la ocupación de tierras con especies forestales. Actualmente bajo ese programa existen 47 proyectos con una extensión de 5,404.0 ha y es supervisado por la Corporación Financiera Nacional. (Diagnóstico y marco de referencia, 2010)

Por último uno de los programas de inversión privada donde se pueden dar a conocer las estrategias es el proyecto Simpson forestal. Este proyecto se realizó con recursos propios de la multinacional Simpson Ltd. Las plantaciones se ubicaron exclusivamente en Izabal con una sola especie; melina (Gmelina arborea). En total el proyecto estableció 8,000 ha de plantaciones de melina en la periferia del Lago de Izabal. Este se considera ejemplo de programa que no requirió del INAB. (Diagnóstico y marco de referencia, 2010)

El resumen de todos estos programas se puede ver a continuación al 2010:

Tabla 63. Programas forestales en hectáreas

Programa	Área (ha)
Programa de Incentivos Forestales (al 2009)	90,623
Programa de Incentivos Fiscales	19,500
Programa de reforestación masiva del Nor-Oriente	5,404
Plantaciones efectuadas por compromisos (al 2008)	66,699
Plantaciones Simpson Forestal	8,842
Total	191,068

FUENTE: Programa forestal.

20.3. Fomento de sistemas forestales

Las siguientes estrategias buscan promover directamente en los sistemas agroforestales y silvopastoriles debido a la tradición guatemalteca de explotación agrícola en tierras de vocación forestal, En un mismo campo se pueden llegar a dar dos actividades productivas distintas, producción de madera y producción de forrajes, esto para lograr ver de forma paulatina la rentabilidad del sector forestal mientras se tiene al mismo tiempo un ingreso de corto plazo. Esto se debe a que en la actualidad las utilizan con fines agrícolas o de ganadería, o de la mencionada tantas veces en el documento, extracción de madera para energía casera por los "zompopos", consecuentemente con síntomas de deterioro, en términos de presencia de procesos erosivos, en diferente orden de magnitud. En ese sentido, la adición del componente forestal a sistemas agrícolas o con animales, vía la intervención del Estado, mediante fomento o acción subsidiaria, persigue volver a establecer la base de recursos naturales, diversificar la producción de los sistemas de finca, proveer una fuente energética adicional y de cierta forma generar productos de madera para consumo local o regional y contribuir a estabilizar zonas de frontera agropecuaria. (Política Forestal, 2001)

La presente estrategia busca incorporar del componente arbóreo a sistemas de finca agropecuaria o que este dividido dentro de estos y que esto gire en torno a las estrategias de política siguientes:

- Generar tecnológica en el tema agroforestal.
- Informar sobre proyectos y fondos que financian ésta actividad.
- Promover productos forestales
- Apoyar la inversión e interés en el tema.
- Investigar y fomentar ciclos cortos de producción que atraigan la inversión.
- Aumentar el valor de la producción de un cultivo.

Dentro de esta estrategia se requiere una participación conjunta y armoniosa entre el INAB y las distintas gremiales para lograr apoyo a ambas industrias, mediante la producción interna a través de proyectos productivos en el rubro agroforestal. Los apoyos productivos constituyen el medio a través del cual el MAGA jugará su papel subsidiario con grupos organizados de pequeños productores, pero que presentan viabilidad económica a través de alguna actividad sectorial. Los

proyectos se orientaran a gestionar los componentes de capacitación, asistencia técnica e infraestructura fuera del terreno como el riego, centros de acopio y agroindustrias. (Política Forestal, 2001)

Se deben lograr entre el INAB y la MAGA establecer convenios estratégicos con diversas organizaciones afines al Sector, como ANACAFE, y diversas ONG, para promover sistemas silvopastoriles y agroforestales. El MAGA fungirá como facilitador, más que ejecutor, al tiempo que el INAB y las asociaciones agricultoras más fuertes de Guatemala desarrollen un plan que combine silvicultura y agricultura. (Política Forestal, 2001)

Como recomendación y muestra de cómo se podría llevar una estrategia de este tipo (combinación de zonas agrícolas o de pastoreo con zonas agroforestales) comenzar con una cantidad grande de árboles por hectárea y luego ralear varias veces hasta la cantidad de plantas deseadas, removiendo aproximadamente mitad de cada especie. (Sistema de Producción Silvopastoril, 2001)

En la producción de sistemas mezclados se usan especies de rápido crecimiento, como pino oocarpa , en el país se puede combinar con especies de robles y cedros. Si se desea introducir animales al sistema se debe hacer mientras el árbol esté maduro para no dañarlos, para mientras se puede cosechar ese forraje. Se recomienda también mover los establos en caso de animales para permitir la recuperación de la tierra con árboles. Los beneficios que se pueden obtener con este sistema son:

- Protección del suelo y humedad, lo que produce forraje verde durante más tiempo.
- Los animales tienen reparo, mejora su producción a corto plazo.
- Estimulación del crecimiento de árboles, haciendo conciencia de la rentabilidad forestal en el país.
- Reducción de costos de poda y raleo.
- Disminución de riesgos de incendios.
- El parque puede ser usado como parque recreativo, por su mezcla de animales y/o cosechas agrícolas con árboles.
- Ingreso a largo plazo (20 años mínimos de plan forestal) de los árboles, siempre manteniendo la conservación de estos.

- Mantenimiento de la tierra con nutrientes adecuados para ambas actividades, esto es la tierra sufre menos desgaste y mantiene mayores niveles de carbono. (Sistema de Producción Silvopastoril, 2001)

Para implementar estos sistemas forestales, lo ideal es buscar la posibilidad de incorporar los árboles en los predios rurales ya existentes, de acuerdo al tamaño productivo como se observa a continuación:

- En microfincas menores de 1 hectárea: Se debe incorporar árboles como barreras vivas. De hecho, este tipo de propietario utiliza productos forestales para su propia sobrevivencia, como es el caso de la leña, y madera para construcción. En estas unidades, el área que ocupan las copas de los árboles puede competir con los cultivos de retorno inmediato, lo que plantea que las especies utilizadas sean de copa de pequeño diámetro, existiendo muchas de estas en el norte de Guatemala entre pinos y teca. Es importante reconocer que estos árboles pueden a la vez cumplir funciones de barreras rompe vientos, protegiendo a los cultivos.
- En fincas de 1 a 45 ha: Hay más opciones más opciones, ya que además de incluir los árboles en cercas se pueden combinar con otros cultivos, como es el caso del café y cardamomo abundantes y comercializables en Guatemala, inclusive el establecimiento de pequeñas parcelas de bosque, sobre todo aprovechando los terrenos que no sirven para actividades agrícolas. Estas limitaciones se encuentran vinculadas a la pendiente, a la profundidad de los suelos y a la pedregosidad. Algunos ejemplos de este tipo de arreglos espaciales son; i) incorporación del palo blanco (Cibystax donnel-smithii), Cedro (Cedrela odorata) caoba (Swietenia macrophylla) y el objeto de estudio del aporte mercadológico, Pinus Oocarpa en fincas de café en la Costa Sur.
- En terrenos y fincas de más de 45 ha: Pueden hacer lo anterior pero además se puede incorporar áreas de plantaciones forestales de un tamaño más de acorde, tomando en cuenta la clasificación de las tierras, y sus limitaciones para usos agropecuarios. En este caso, se tienen ejemplos en el país de fincas agrícolas que poseen plantaciones forestales de 8 a 25 ha, principalmente en zonas marginales para la agricultura. En el caso de la zona central, cerca de ciudad de Guatemala, se pueden encontrar fincas cafetaleras o ganaderas con plantaciones de ciprés (Cupressus lusitanica). (Plantaciones forestales, 2003)

De acuerdo a esto es común encontrarse con la siguiente pregunta de alguien interesado en el sistema: ¿Quisiera sembrar árboles en mi parcela, pero no sé qué sembrar? La clave de la silvicultura de plantaciones es el objetivo de las mismas. Se debe definir siempre de forma inicial antes de cualquier proyecto: el sitio de siembra, la selección de la especie, la densidad de siembra, la época de podas, de raleo, las actividades de prevención y control de incendios forestales y cuando se cultiva y corta la madera. El silvicultor debe tener bien claro cuál es el producto final de su cosecha, para poder tener éxito en su plantación. (Plantaciones forestales, 2003)

Este producto final se puede determinar de forma financiera gracias a un instrumento bastante fiable en la actualidad, el cual es el Programa de Incentivos para pequeños poseedores de tierras de vocación forestal o agroforestal, llamado PINPEP, originado en 1998 pensando en los pequeños campesinos no lograron beneficiarse plenamente del programa PINFOR debido al interés del sistema agroforestal. Una de las razones es que el programa exige título de propiedad que los pequeños poseedores de tierras a menudo no tienen, además exige que el campesino tenga más de 2 hectáreas de tierra. Éste se encuentra dirigido exclusivamente a pequeños poseedores y un 50% del incentivo se dedica a las mujeres, asegurándose que haya una participación total de las comunidades.

El propósito general del proyecto es contribuir con el manejo forestal sostenible de los bosques naturales de los pequeños poseedores de tierras y con el establecimiento y manejo de sistemas agroforestales en los municipios de los departamentos de alto potencial forestal como Baja Verapaz, Chiquimula, Zacapa, El Progreso, Jalapa, Jutiapa, Huehuetenango, Quetzaltenango, Quiché, San Marcos, Sololá y Totonicapán, mediante el mecanismo de otorgamiento de incentivos forestales.

Para el 2008 se completaron 462 proyectos, con un área total de 1,794 hectáreas, lo cuales se espera hayan sido aprobado a la fecha, al mismo tiempo se comenzó la certificación de cumplimiento de actividades en el campo. Si los silvicultores cumplen con las actividades planificadas se espera pagar por éstos proyectos de forma anual (originalmente en el 2008) un monto total alrededor de los 81 millones de quetzales, con los cuales se estarán beneficiando un total de 10,000 silvicultores poseedores de pequeños extensiones de tierras de vocación forestal o agroforestal. Se incluye dentro de esta estrategia la implementación una política sobre el pago de servicios ambientales maderables como estrategia para generar beneficios económicos a comunidades ubicadas en las zonas productoras de recursos forestales, con el fin de crear

incentivación de la actividad forestal, esto se detalló más a fondo en las estrategias de conservación y se puede recurrir a Iniciativas Fiscales o al PINFOR. (Bosques de Guatemala, 2004)

Es necesario de igual forma llevar con estos sistemas un marco político institucional capaz de orientar, coordinar, estimular y controlar los incentivos, así como un Sistema de Información Forestal que permita realizar: inteligencia de mercados y fomento comunicación entre productores y comercializadores, bajo la integración de esfuerzos institucionales, esto se une mucho con las estrategias de educación e información al consumidor y a la población en general de la industria forestal, que es la más afectada en los problemas forestales, esto se ve con mayor detenimiento en estrategias educativas . (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004)

20.4. Infraestructura y tecnología

Según estudios hechos por el portal de internet de Mipyme en Guatemala, Guatemala tiene condiciones favorables para la producción forestal. Se cuenta con una gran cantidad de especies que pueden satisfacer las necesidades de demanda de mercados locales e internacionales. (Red de Cajas de Herramientas MIPYME, 2007)

Existen oportunidades de mejora en cuanto a la tecnología de aserrraderos. Se utilizan equipos de un siglo de antigüedad que son considerablemente menos eficientes que los equipos más actualizados. Incluso, no se tiene que recurrir a equipo nuevo de tecnología de punta. Al nivel de desarrollo que se encuentra Guatemala en materia de tecnología forestal, con las máquinas que ya no se utilizan en países industrializados bastaría para dar los primeros pasos hacia una mejora tecnológica. (Red de Cajas de Herramientas MIPYME, 2007)

También existe oportunidad de mejora en la maquinaria y equipo que se utiliza para la creación de productos con valor agregado. En Guatemala, principalmente se exporta productos de bajo valor agregado como madera aserrada sin tratamiento químico. Ésta se exporta (a un bajo precio) a otros países en los que la transforman a productos de valor agregado, por ejemplo, muebles. Luego, estos se envían a los mercados (incluso a Guatemala) a precios mayores. Ese margen de ganancia es el que se podría aprovechar en Guatemala con la tecnología adecuado para transformar en productos de valor agregado. (Red de Cajas de Herramientas MIPYME, 2007)

El SEF pretende apoyar acciones de equipamiento, adquisición, reparación y mantenimiento de infraestructura de apoyo a la formación de recursos humanos: laboratorios, aulas, maquinaria, equipo, software. (SEF, 2007)

20.5. Métodos de producción

En la actualidad, se nota que cada vez existe mayor conciencia en el manejo forestal dentro de los productores, la gente no solo invierte en botar el bosque para el aserradero, sino también en reforestar junto con PINFOR y el apoyo del INAB. El gobierno actual perdió mucha credibilidad al quitarle recursos al MAGA. Esto conlleva menos ingresos para el INAB y para el PINFOR. Menciona Héctor Vargas, director de Ventas Forestales en Grupo TECUN, que las causas políticas y macroeconómicas afectan directamente en lo que respecta al campo forestal. Las políticas del gobierno central afectan grandemente. (Vargas, 2011)

Actualmente, continúa Vargas, no existe una conciencia de visión a futuro de la maquinaria para sector forestal. Se compra la maquina pero no se busca mantenerla por ignorancia. Este factor está directamente relacionado con la falta de educación del sector. Adicionalmente, se puede considerar la falta de interés político en el sector forestal. (Vargas, 2011)

Se considera que la industria en Guatemala de madera se está tecnificando. Sin embargo, no se conoce tanto sobre el tema y se compra maquinaria sin planeación. Los compradores no tienen noción y solamente piden cotizaciones. Se ha logrado lograr crear maquinaria versátil que es muy buena del punto de vista ecológico, productivo y económico porque se desperdicia menos madera. Se contaba con un departamento de maquinaria primaria y secundaria de madera, pero se decidió posteriormente entrar solamente a la primaria. En su criterio personal, lo consideró una decisión inadecuad porque el otro mercado también tiene demanda de maquinaria. (Vargas, 2011)

En Guatemala todavía se corta mucho con motosierra. En esa empresa, se venden aproximadamente Q. 50,000,000 anuales en motosierras y accesorios. Esto significa que se perciben más ingresos por venta de motosierras que por venta de aserraderos, lo que indica tala de árboles sin el respectivo aserrado. La motosierra quita un cuarto de pulgada además del cepillado para preparar tabla. Esto significa menos piezas por troza. (Vargas, 2011)

Se tiene el proceso siguiente: la madera entra al aserradero donde se crea la lepa. Después se pasa a una aserradora de cuatro cabezas donde, para ahorrar tiempo, se prepara al principio la troza en 6 piezas distintas para mejor movilización. Puede producir de 25 a 30 mil pies tablares en

un día, dependiendo del modelo del aserradero, y luego se procede a secar para la exportación. (Vargas, 2011)

Esto demuestra que el proceso se tecnifica mas, ya que ha costado que la gente lo haga porque no tiene estudios ni conocimiento. En el tema de producción, los clientes ni siquiera manejan cuentas de bancos y, por lo tanto, no tienen un historial crediticio que los respalde. Los camiones y maquinaria las compran de contado. Por esto, se han buscado mecanismos e incentivos para darles crédito. (Vargas, 2011)

Con respecto a las sierras, un paquete cuesta Q. 2900. Se recomienda cambiar éstas cada dos horas para minimizar la fatiga del metal, ya que éste pierde templado por sobrecalentamiento. Se debe dejar en reposo (para que exista reacomodo molecular) por 48 horas. Este tema es difícil, ya que en muchas ocasiones el cliente desea utilizar la sierra todo el día sin parar porque considera que detenerse es una pérdida de tiempo. En el corto plazo, podría generar esta ilusión pero las sierras sufren un desgaste mayor y hacia el final de su vida útil van dañando la maquinaria. En el largo plazo, el no rotar las sierras adecuadamente resulta en una mayor pérdida de madera al cortar y daño a la maquinaria. (Vargas, 2011)

20.6. Incremento a calidad de producto final

Las nuevas expectativas en la diversificación de productos son ya una realidad. Se considera madera para construcción, carpintería, muebles de cocina, puertas, chapa decorativa, tableros contrachapados, entre otros. Este desarrollo de los mercados de madera obliga al aumento de la calidad de los procesos productivos para tener un producto final de buena calidad. Esta calidad tendrá la tendencia de mejorar conforme los demandantes vayan conociendo y apreciando las ventajas de un producto de madera de buena calidad final. (Leif, 2005)

Considerando las características anatómicas y los mecanismos de protección de las distintas especies forestales al realizar una poda artificial es posible aumentar significativamente el volumen de madera limpia de nudos y con ello revalorizar el producto final. En el caso de la madera de la madera para chapa decorativa dos factores importantes son la cantidad de nudos y el diámetro del árbol. Los nudo afectan en la estética de los acabados, mientras que un diámetro mayor permite en incremento de la productividad. (Leif, 2005)

Para cada tipo de madera y para cada producto final que se desee fabricar, las características de las trozas para tener mayor calidad cambiarán. Se concluye que, dependiendo del mercado que

se desee atacar y del tipo de producto que se desee comercializar, se haga un estudio técnico para determinar las propiedades deseadas. Dependiendo de los resultados, también se decidirá la especie y si deberá se de bosque natural o de plantaciones.

20.7. Mercadeo y comercialización

Las siguientes estrategias buscan lograr una apertura comercial inminente tanto a nivel nacional, mejorando ésta, como encontrando la forma adecuada de entrar de lleno a un mercado global, por lo tanto se debe lograr que el sector forestal identifique los sectores que pueden ser competitivos en dicho escenario, que para el caso de la industria secundaria se dé principalmente en los muebles de exportación y los artesanos de las ebanisterías, existiendo fortaleza en el país en el mercado de valor agregado , y en el caso de la industria primaria la madera seca dimensionada o productos semielaborados, siendo esto el mercado de madera en volumen, un mercado secundario y preferiblemente nacional. La estrategia de desarrollo de productos en base a un estudio de mercado debe ser aceptada por los productores de volumen y valor agregado siempre bajo el desarrollo de una institución nacional, la que se recomienda sea el INAB, ya que debería estar basado en expresiones concretas de interés de posibles compradores y definir como se introducirá los productos en el mercado y avanzará a través de tiempo en la comercialización de las especies secundarias, situación que la institución maneja adecuadamente según su definición. La estrategia debería definir como identificará nuevos compradores a través de la búsqueda enfocada o una búsqueda abierta. Basado en esta definición se debería lanzar la estrategia con muestras, avisos, visitas nacionales e internacionales y otros diversos métodos. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004). (Diagnóstico y marco de referencia, 2010)

De igual forma se puede lograr una vinculación del sector forestal a otros sectores de la economía, como el sector turismo, industria farmacéutica, construcción, energía y aguas; para desarrollar el mercado interno, ya que cabe recordar que el mercado forestal no se encuentra aislado de otros rubros comerciales en el país, por lo que aprovechando varios mercados se pueden levantar estos simultáneamente. Otro rubro que en Guatemala debido a las carencias económicas se puede utilizar tanto para crear la tendencia de utilización de la madera como solucionar el problema habitacional, ya que puede constituir un producto importante en la construcción de viviendas, por lo que se busca como estrategia desarrollar la demanda interna aprovechando los déficit habitacional, otras construcciones, uso de partes y piezas en ingeniería vial. De acuerdo a la Agenda Forestal para poder lograr alcanzar un escenario positivo con respecto a la parte comercial de la madera se deben

seguir las siguientes estrategias de forma conjunta con otros rubros forestales, no se pueden ver de forma aislada. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004)

Junto con las estrategias políticas e institucionales se deben rediseñar los procesos vinculados con las actividades de comercio e industria, para difundir dichos procesos ante los usuarios; así como para desarrollar y aplicar la normativa. De igual forma se tiene que dar una sistematización y difusión de información sobre agentes de industria y comercialización buscando de la competitividad, notablemente con el desarrollo de política de fomento de la producción, transformación y comercialización de la materia prima, tomando en cuenta factores como diversificación de especies, crecimiento y calidad, esta estrategia llevada correctamente conlleva a un crecimiento del mercado. También se propone revisar y proponer reformas de la normativa del transporte de productos forestales, para adaptarla a las necesidades y condiciones de abastecimiento, esto se debe llevar conjunta a las estrategias del marco legal. (Agenda Nacional Forestal, 2003)

Los actores mencionados del sector forestal deben formar como su principal estrategia conjunta y permanente un sistema diseñado de acuerdo a los productos nacionales de mercados de conveniencia regional e internacional, sumando la información, capacitación e incentivos para el desarrollo de estándares de calidad en los procesos de transformación, la promoción de empresas dedicadas al sistema de mercadeo, la promoción de grupos de negocios y clústeres para desarrollar mercados y sistematización de información sobre mercados menos usuales., esto se logra por medio del fortalecimiento de la coordinación interinstitucional de asociaciones gremiales y que estos clústeres forestales regionales logren identificar e incentiven a cada uno de los participantes junto a un otorgamiento continuo de asistencia mercadológica para un mercadeo eficiente, incluyendo la organización de pequeños productores, el desarrollo de alternativas productivas y el diseño e implementación de proyectos específicos que respondan a las necesidades regionales, esto quiere decir que el esfuerzo comercial no se debe realizar aisladamente como se ha venido haciendo, debe ser un proceso conjunto que beneficie a todos, por lo que se debe crear una definición estándar de alternativas viables para operatividad eficientemente los procesos de capacitación en el trabajo y obtención de licencias dentro del marco legal vigente. Esto lleva a la incentivación de pequeños productores a agregar su oferta, consecuentemente la formación de clústeres de comercialización y el fortalecimiento al desarrollo de empresas de industrialización. (Agenda Nacional Forestal, 2003)

Los clústeres mencionados anteriormente se deben desarrollar a modo que satisfagan los efectos de corto plazo, la planificación financiera y la competitividad, notablemente a través de

convenios de largo plazo y promoviendo la especialización de actores dentro de los clústeres; así como para involucrar y concientizar a otros sectores relacionados. Esta estrategia es fácilmente combinable con la de sistemas agroforestales. La búsqueda y aprovechamiento de nuevos mercados, nacionales e internacionales por medio de esta unión de productores y comercializadores de productos forestales y el diseño de productos diferenciados, se basa en identificar y aprovechar mercados internacionales de nicho, es decir, productos de bajo volumen pero de alto valor, esto es ver que debido a la capacidad actual del país, el producto con valor agregado sería una fuente fuerte de comercialización a nivel global.

Para lo anterior se consideran como instrumentos útiles un sistema de información accesible y actualizado, lo que se tratará más a fondo en las estrategias de educación en el documento enfocado a este rubro, así como ferias internacionales de la madera para la promoción del producto, así como apoyarse en los programas ofrecidos por el INAB. (Política Forestal, 2001)

Se considera en cualquier estrategia comercial de las ya mencionadas que de forma indispensable cuenten y se respalden en documentos informativos, como los que se mencionan a continuación:

- Estudios comparativos de costos de producción nacionales e internacionales.
- Estudios de cuantificación de maderas poco conocidas y para el desarrollo de información de mercado de especies secundarias especializadas por región.
- Tecnología de las maderas.
- Mercados para determinar la capacidad instalada de alternativas, notablemente de industrialización en sitio.
- Factibilidad de mecanismos de establecimiento de seguro y re-aseguro de inversiones industriales.
- De oferta, sean empresariales, de consorcios, regionales o nacionales.

Con base a esto se deben crear los siguientes proyectos entre estos actores:

- Proyecto con énfasis en el fomento a la industrialización de maderas poco utilizadas y explotadas, que incluye: crédito, asistencia técnica, capacitación, infraestructura de producción, información de mercados, estrategia nacional de mercadeo y comercialización, y el desarrollo de mercado nacional, sin olvidar darle seguimiento al

fomento de iniciativas de desarrollo de productos y mercados de maderas diferentes a cedro y caoba, sobre base sostenible.

- Proyecto de promoción del desarrollo de mercadología ajustada a las condiciones de inversión del mercado nacional, lo que incluye: reingeniería de productos, ampliación del mercado a maderas duras, especializar y facilitar el transporte a centros de acopio, y crear infraestructura de acceso, diseño y desarrollo innovador de productos con valor agregado en sustitución de la oferta de solamente madera aserrada.
- Elaboración de planes beta (prototipos) que hagan operativa y demuestren resultados de inteligencia de mercado.
- Promoción comercial de productos de madera y otros productos certificados del bosque.
- Proyecto de investigación en la búsqueda de minimizar costos y maximizar utilidades al vender productos manufacturados de madera, tales como unificar tarifas de impuestos, ajuste de impuestos nacionales, acuerdos internacionales, etc. (Agenda Nacional Forestal, 2003)

Como se menciona al inicio del capítulo, se debe lograr consolidar la estrategia de desarrollo de clústeres forestales más fuertes y con mayor presencia en el marco del Programa Nacional de Competitividad por medio de los ya mencionados clústeres pequeños en las áreas de mayor potencial forestal que son Las Verapaces, Izabal y sobre todo Petén, para superar las limitantes del sector forestal en los siguientes aspectos:

- Especialización de recursos humanos,
- Mercados de capitales adecuados para financiar la producción forestal en el largo plazo a través de plantaciones, alta cobertura de servicios públicos, insumos y
- Servicios de calidad disponibles en forma oportuna, demanda local exigente, competencia sana y vigorosa que motive el mejoramiento continuo y la existencia de estrategias que motiven la innovación constante, entre otros aspectos. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004)

Las estrategias presentes deben buscar aprovechar las fortalezas actuales del mercado forestal guatemalteco, entre las que se encuentra la posición geográfica estratégica con cercanía a mercados grandes como EU y México y salida a dos océanos Pacífico y Atlántico, deben aprovechar también el creciente interés de exportaciones de sector mueble COFAMA, por lo que las

estrategias anteriores deben ser realizadas conjuntamente con la AGEXPRONT para que se lleven de forma exitosa, y a pesar de la recesión o crisis reciente, el mercado de la madera no lo ha sufrido tanto y se deben sustentar de la demanda creciente en países vecinos con mercados grandes EU y México, los cuales buscan satisfacer su demanda de producto con valor agregado, para lo que deben ir enfocadas las estrategias; esto se refiere a que Guatemala no posee actualmente madera como para la creación de un fomento de mercado de volumen a corto plazo, sin embargo su diversidad de especies maderables para la diversificación de productos le dan el potencial de pertenecer de gran forma al mercado de productos maderables con valor agregado, aprovechando el creciente mercado de tarimas en el país. Por último se debe recordar y promover las ferias forestales nacionales e internacionales como Expomueble Centroamérica. (Diagnóstico y marco de referencia, 2010)

De igual forma se deben aprovechar las oportunidades futuras que al llevar adecuadamente las estrategias se aprovecharan al máximo, como una demanda interna creciente e insatisfecha de madera aserrada, muebles y tableros en el mercado nacional, en el mercado mexicano existe una alta demanda de tableros y tarimas, situación que Guatemala debe aprovechar. No hay que ver de igual forma a los Tratados de Libre Comercio con EU, Chile y otros países y en proceso con Europa como amenaza, sino como oportunidad, sacarles provecho. El mercado centroamericano y sur de México demanda de muebles, recalcando nuevamente la importancia de que Guatemala se enfoque al mercado de valor agregado. (Diagnóstico y marco de referencia, 2010)

20.8. Políticas y leyes

En la sección de antecedentes se mencionaron políticas contempladas para el sector forestal. Las mencionadas fueron las siguientes:

- Política Nacional Forestal
- Política Nacional para el Desarrollo del SIGAP
- Política Agropecuaria
- Política ambiental
- Política del ecoturismo
- Política de descentralización

- Política de fomento de competitividad: fomento de clústers.

La estrategia en cuanto a politicas y leyes es la siguiente. Se debe cumplir la ley que se encuentra vigente en materia forestal: Ley Forestal. Bajo ésta, se deben cumplir las políticas que ya se encuentran planteadas y unir esfuerzos de todas las entidades y actores del sector forestal. En la medida que se cumplan éstas, el sector forestal tendrá un avance y tendrá la tendencia hacia el escenario positivo (o escenario probable, dependiendo de la rapidez de la implementación de las políticas) planteado anteriormente. (Ley Forestal, 1996)

Otro aspecto importante en tema de políticas y leyes es el adecuado cumplimiento de los montos presupuestados para cada institución y programa. Por ejemplo, el PINFOR reporta no haber recibido la cantidad monetaria establecida por la ley. Por la falta de recursos, los incentivos no son atractivos para los empresarios e inversionistas, por lo que no se realizan las inversiones en el país. Se debe, por tanto, perseguir la transparencia en cuestión de fondos y recursos de Gobierno para las instituciones del sector forestal. (Ley Forestal, 1996)

20.9. Fortalecimiento de instituciones involucradas

Las estrategias que se muestran a continuación persiguen principalmente tres objetivos en el siguiente orden: fortalecer las instituciones que buscan el crecimiento forestal del país, luego hacer que las mismas apoyen y desarrollen consecuentemente del resto de estrategias que se presentan en este megaproyecto y por último que al final de la estrategia en el corto plazo (se espera 2020) se hayan logrado descentralizar totalmente para un mejor manejo de las áreas forestales, las cuales se encuentran en el interior y no en áreas urbanas, por lo que tenerlas concentradas en ciudades no tiene mucho sentido.

Se busca de igual forma continuar con la Agenda Nacional Forestal, a través de un Grupo Consultivo Forestal y una Institución Líder Principal. El Grupo Consultivo Forestal, será una entidad que conduzca políticamente y que sea creada con representación institucional de las principales organizaciones gubernamentales, actores y redes directamente relacionados con el subsector forestal. Sus funciones principales serán:

- Crear consenso acerca de los aspectos críticos del desarrollo y la conservación de los bosques.
- Aprobar y revisar regularmente las prioridades de la Agenda Nacional Forestal.

- Examinar periódicamente los progresos realizados en materia de estudios, proyectos y arreglos institucionales contenidos en la agenda.
- Identificar y resolver los conflictos que surjan entre las entidades involucradas.
- Facilitar y asegurar el seguimiento de las medidas que deben tomar las entidades involucradas. (Agenda Nacional Forestal, 2003)

Las estrategias institucionales deben buscar el fortalecimiento del Consejo Nacional de Estándares de Manejo Forestal Sostenible para Guatemala (CONESFORGUA), este se integra por representantes de la Asociación de Organizaciones No Gubernamentales de los Recursos Naturales y Medio Ambiente (ASOREMA), Asociación para el Desarrollo Forestal de Guatemala (ADEFOGUA), Asociación Forestal Ecológica de Desarrollo Sostenible (AFEDES), Cámara de Comercio Guatemalteco Americana (AMCHAM), Clúster Forestal, CONAP, INAB, Gremial Forestal, Fundación del Bosque Tropical (FBT), Mesa de Concertación y Política Forestal de Las Verapaces, Naturaleza para la Vida (NPV), Programa Regional Forestal para Centro América (PROCAFOR), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Proyecto Cuchumatanes y, personas individuales vinculadas a la actividad forestal por asuntos laborales o interés económico. (Agenda Nacional Forestal, 2003)

Al realizar esto se debe fortalecer de forma económica al comité coordinador del Clúster Forestal, el cual es un mecanismo del subsector forestal privado productivo, integrado por diversos miembros liderados por el INAB como se muestra en la siguiente jerarquía:

Figura 137. Instancias forestales

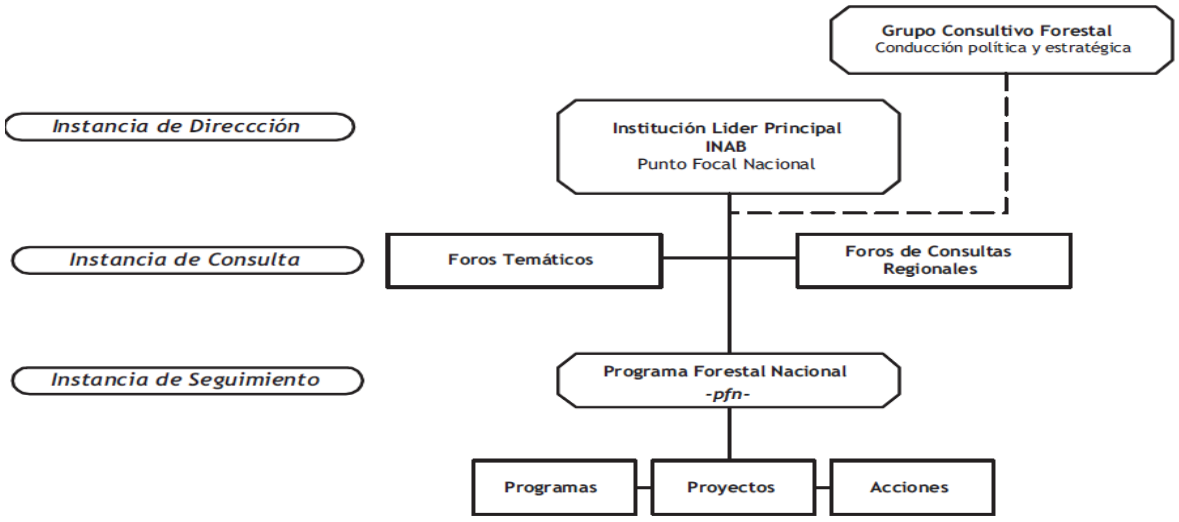
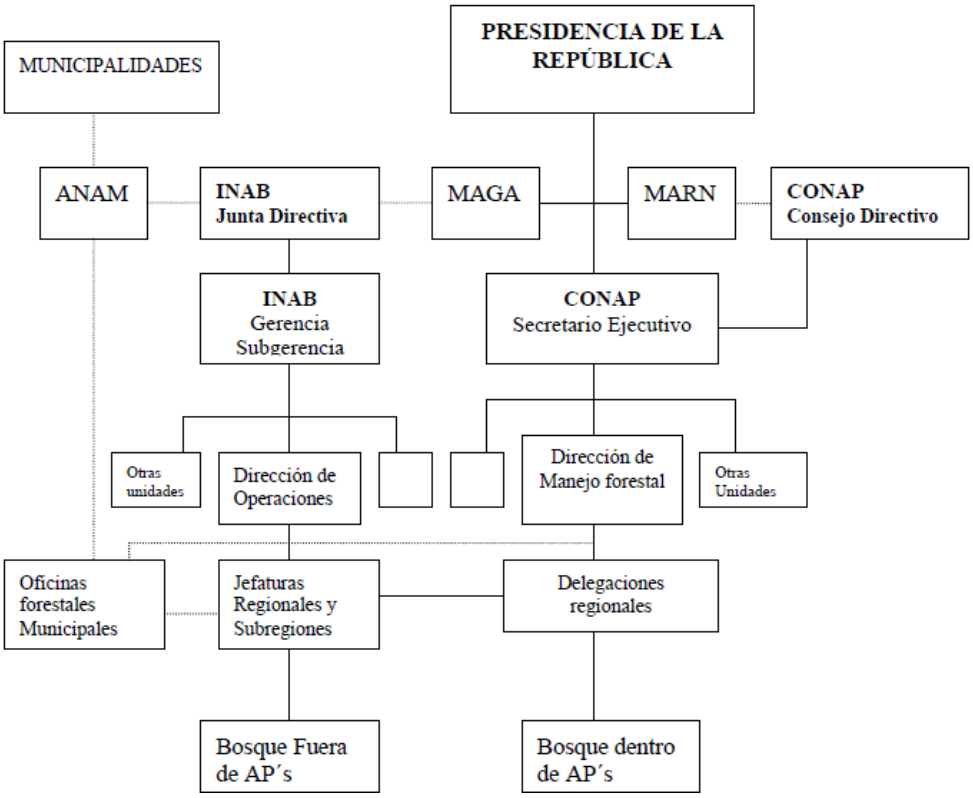


Figura 138. Jerarquía forestal institucional



FUENTE: Estudio de tendencias del sector forestal, 2004

Dentro de las estrategias institucionales se contemplan lograr la integración de los organismos estatales encargados de los recursos naturales renovables. Se pretende que una sola institución deba ser la responsable tanto de la conservación de los ecosistemas como del uso sostenido de los bienes y servicios producidos. La institución estará conformada por divisiones regionales previamente mencionadas las cuales son responsables de administrar en conjunto toda la producción y conservación. La división funcional no será por recurso natural; cada división regional contará con expertos especializados en cada recurso o aspecto relacionado, entre más especializada esté mejor, preferiblemente en el enfoque y tipo de producto como flora maderable, pesca, agua, recursos genéticos, fauna, flora no maderable. Adicionalmente, a nivel central, la institución debe contar con equipos especializados para apoyar las divisiones regionales y para la formulación de políticas, planes y proyectos relacionados. Se planea con esta estrategia se dé un mayor apoyo a lo que es el INAB ahora, y a sus programa de PINFOR, así como incentivar a la toma de decisiones y la ejecución financiera centralizada dificulta la participación ciudadana local y el manejo adaptado a

las condiciones sociales y biofísicas, por lo que la descentralización administrativa y financiera es necesaria para un mejor manejo de los recursos. (Estrategia nacional de biodiversidad, 2000)

Dentro de las características mínimas de una nueva institución rectora de los recursos naturales:

- Manejo integral de los recursos naturales a nivel nacional, regional y local.
- División por territorio y no por recurso natural.
- Sistema descentralizado de administración.
- Fortalecimiento de la participación ciudadana.
- Independencia financiera de las regiones.

Se busca también como estrategia adjunta la institucionalización y fortalecimiento de espacios de diálogo, los cuales serán de vital importancia para la sociedad civil en la toma de decisiones, donde hay espacios se deben fortalecer, y crear en áreas donde no hay. Entre las instancias claves para la comunicación e estos espacios con las instituciones se tiene la creación de un grupo forestal, esto debe ir junto a la estrategia de la creación de pequeños clústeres forestales como se ha venido mencionado en los departamentos de mayor fuerza forestal, a esto se necesita el apoyo de otros grupos como el Grupo Subsectorial de Hidrobiológicos, Coordinadora Nacional de Diversidad y mesas de uso de vida silvestre, ya que no pueden actuar de forma aislada, así como la participación indispensable del INAB y de la sociedad civil.

Las acciones a corto plazo en esta estrategia son:

- Internalización por parte de las instituciones de la necesidad y efectividad de los espacios de diálogo.
- Reconocimiento institucional del trabajo de los grupos.
- Seguimiento a las recomendaciones y trabajo de los espacios de diálogo.

Como siguiente estrategia se tiene la formación de un orden entre las instituciones estatales que sea congruente, esto se logrará con la coordinación entre las instituciones del Estado en la formulación de políticas, planes y proyectos, así como en la ejecución de las acciones es esencial. Las autoridades de cada institución determinarán los mecanismos más convenientes, por lo que

tanto el INAB y el CONAP deben ser partícipes para lograr consolidar la protección y poderío del sector forestal. Las acciones a corto plazo a considerar en esta estrategia son:

- Integrar las oficinas de planificación de las instituciones del sector ambiental.
- Consolidar el Grupo de Recursos Naturales.

Es indispensable la descentralización de las instituciones rectoras de los recursos forestales, por lo que se plantea la estrategia de lograr la coordinación a nivel central para hacer efectiva la coordinación a nivel regional. El funcionamiento de las regiones requiere que las decisiones puedan tomarse localmente. Debe lograrse mayor autonomía administrativa y financiera de las oficinas regionales. Se tomaran las siguientes acciones en este plan:

- Convenios institucionales CONAP con MAGA para el manejo integrado de los recursos hidrobiológicos y los ecosistemas acuáticos, importantes para el mantenimiento forestal.
- Convenios institucionales CONAP e INAB para el manejo de la vida silvestre, especies maderables en peligro de extinción, manglares, bosques productores de agua y procedimientos de aprovechamiento forestal.
- Convenios institucionales CONAP, MAGA, INAB y MARN para el reconocimiento de las Regiones de Conservación, el manejo integrado de recursos naturales en las regiones, y la protección del medio ambiente.
- Plan conjunto de descentralización financiera y administrativa de las instituciones, este se considera el plan más importante.

Para todo esto se necesita además un plan de institucionalidad firme, ya que de no existir se violaran con facilidad cualquier estrategia debido a la situación actual que pasa el país de corrupción e inseguridad, éste debe contemplar lo siguiente:

- Comité de Regiones de Conservación, integrado por un representante de cada Consejo Regional, representantes de los propietarios de los Recursos y las entidades estatales.
- Grupos Asesores: compuesto por expertos y representantes de instituciones afines: ONG locales, academia, MINEDUC, PNC, etc.
- Secretaría de cada Consejo inicialmente a cargo de CONAP.

20.10. Estrategias educativas e informativas

El diagnóstico de recursos humanos identifica que la oferta de enseñanza y capacitación en aspectos forestales en Guatemala está formado por los centros y orientaciones impartidas por los Centro de Enseñanza de Educación Básica (EFA´s), Educación Media (ENCA), Educación Superior (USAC, UVG, URL y UR) y a niveles de operarios forestales (INTECAP). En torno a este mapeo, identifican una serie de traslapes en los *curricula*, indefiniciones verticales (entre ingenieros, peritos y técnicos universitarios), así como problemas de integración horizontal. Asimismo, identifica áreas temáticas que no están siendo cubiertas con la propiedad que demandan los empleadores de recursos humanos. (SEF, 2007)

Es decir que, para ordenar el panorama, se puede dividir la capacitación y educación forestal en Guatemala en cuatro áreas principales de acción:

- Educación básica
- Educación media
- Educación superior
- Capacitación técnica

En estas áreas educativas, se deberá establecer un orden lógico entre la educación básica, la media y la superior para formar así una base de conocimiento. Adicionalmente, se recurrirá al INTECAP como institución de capacitación técnica para complementar la formación en aspectos más específicos como uso de maquinaria y cursos de mantenimiento, por mencionar los más importantes.

La comunicación entre las distintas entidades educativas es clave para la correcta transmisión del conocimiento. Si cada institución trabaja por su cuenta y de manera aislada, no se obtendrá el máximo resultado posible. Si, por otra parte, se tiene un foro en el cual se reúnan periódicamente se podrá estar al tanto de las acciones de las otras instituciones para poder así complementarse los unos con los otros. De esta forma, se podrá lograr la adecuada formación de profesionales forestales tanto a nivel técnico como a nivel superior para suplir la demanda del potencialmente importante sector forestal. Se concluye así que la educación (y la organización entre sus actores) es clave para el correcto desarrollo del sector forestal.

Por parte de la Universidad del Valle de Guatemala, se tiene al Ing. Agrónomo César Castañeda quien es el Director del Departamento de Ingeniería Agroforestal. Fue Decano de la Facultad de Agronomía de la USAC y es autor de varias publicaciones, artículos y libros del tema forestal. Es el representante de la UVG ante el SEF. En el SEF participa en la armonización y sistematización de políticas e instrumentos para establecer la cultura forestal en Guatemala, basada en mano de obra capacitada. (UVG, 2008)

Para el financiamiento de esta educación, se cuenta con un fideicomiso, a ser impulsado por el SEF, que está dirigido a apoyar con recursos financieros la formación, capacitación y actualización profesional de estudiantes y capacitadores. El INAB, a partir del año 2001 ha apoyado con recursos financieros el desarrollo del SEF. Como se observa a continuación, al año 1999 se tenía una escacez de profesionales en materias forestales y similares. (SEF, 2007)

Figura 139. Cantidad de profesionales forestales en Guatemala a 1999

Profesionales	Número
- Ingenieros Forestales	15
- Ingenieros Agrónomos con Maestría en Ciencias Forestales	30
- Ingenieros Agrónomos en Recursos Naturales Renovables	85
- Peritos de nivel medio y universitario	375

Fuente: SEF, 2007

20.11. Estrategias de competitividad

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) expresa que América Latina y el Caribe enfrentan serios problemas de competitividad teniendo en los últimos años un escaso crecimiento del ingreso per cápita (solamente 1.5% por año). Para mejorar este aspecto, se trabaja dentro del marco de la gobernabilidad democrática, la competitividad en un contexto de globalización y la sostenibilidad ambiental. El BID reconoce que la competitividad está afectada por la pobreza y el crecimiento económico sustentable, por lo que se requiere un enfoque integral. (BID, 2003)

El objetivo de esta estrategia es establecer un marco para que los países miembros logren mejoras en sus entornos económico e institucional promoviendo el desarrollo sostenible de las

actividades económicas y aumentando la productividad para lograr un crecimiento inclusivo. En estas estrategias se encuentra incluido el sector forestal para toda América Latina. (BID, 2003)

Las prioridades de la estrategia se concentran en el adecuado funcionamiento de los mercados para facilitar la competitividad de las empresas. En el documento se incluyen también acciones específicas enfocadas hacia las MIPYMES. Las actividades que apoyan las mejoras en la competitividad buscan lo siguiente: 1) movilización eficiente de recursos financieros y de capital; 2) el mejoramiento del capital humano; 4) la provisión eficiente de servicios de infraestructura; 5) la implementación de nueva tecnología; 6) la creación de instituciones más efectivas para que presten apoyo a actividades productivas privadas; 7) y la gestión productiva y sostenible de recursos naturales. (BID, 2003)

En el marco de la estrategia de competitividad del BID, se puede encaminar a Guatemala a tener acceso a nuevos y más grandes mercados. Se podría tener acceso a mayores flujos de capital y de efectivo. Todo esto partiendo del aumento de la productividad y del incremento de la competitividad.

20.12. El recurso humano

Según MIPYME, existe una gran cantidad de mano de obra, pero ésta es mano de obra no calificada. Existe una falta de aproximadamente 1100 profesionales para satisfacer las necesidades de los próximos 10 años. (Red de Cajas de Herramientas MIPYME, 2007) Esta mano de obra es no calificada por la falta de educación forestal organizada. Cada institución funciona de forma independiente y no logran resultados simbióticos. (SEF, 2007)

En la medida que se logre la capacitación del recurso humano el sector irá creciendo y aumentando su calidad. Si se logran los adecuados incentivos monetarios y no monetarios para los trabajadores, éstos estarán motivados a desempeñarse cada día mejor en su trabajo. No será tanto el tema económico sino el tema de motivación. El ambiente agradable de trabajo, las adecuadas relaciones interpersonales, el acceso a medidas de seguridad y prevención, y la correcta relación con los jefes son claves para el desarrollo del recurso humano. Al lograr estos cambios desde niveles administrativos, se hará rentable (y motivante) para los trabajadores entrar al sector forestal y se podrá revertir la tendencia de la escacez de profesionales forestales tanto en cantidad como en calidad. (SEF, 2007)

21. DESAFÍOS Y PRIORIDADES DEL SECTOR

21.1. Desafíos generales para la aplicación

En el sector forestal, el camino hacia la innovación, educación e industrialización es cuesta arriba. La percepción general del sector es como uno que se interpone antes las necesidades de Guatemala, un país llamado agricultural por la mayoría de la población. Esto en realidad no es cierto, ya que la mayoría de la superficie del país tiene vocación forestal. Esta mala percepción del sector forestal tiene un camino accidentado hacia la educación forestal. Incluso en ambientes universitarios con profesionales educados se percibe el desinterés hacia proyectos que involucren madera o cualquier aspecto del sector forestal. (SEF, 2007)

Existe poco interés en aspecto económico para la administración de programas de educación forestal como el Sistema de Educación Forestal (SEF). Los fondos no fluyen hacia este tipo de instituciones por el mismo problema de escasa educación forestal. Es un círculo vicioso que no permite que se continúe la educación al público a una mayor velocidad. Se debe lograr que exista pleno conocimiento del potencial económico que tienen los proyectos forestales a largo plazo para el país. Además, Se tiene falta de un mecanismo para administrar fondos y fideicomisos de becas. (SEF, 2007)

Falta la integración de instituciones oferentes y demandantes de recurso humano en el sector forestal. Por increíble que parezca, el problema principal no es la falta de oferta de recurso humano o la falta de demanda por parte de empresas para contratarlos. El problema es que estos actores no están bien comunicados y no logran una interacción adecuada. Se debe promocionar los planes de Noroccidente y las Verapaces son un comienzo para unir a las personas encargadas de la producción forestal en Guatemala. (SEF, 2007)

Existe poca coordinación entre entidades de investigación y entidades educativas superiores. Incluso las entidades gubernamentales no saben aprovechar los logros de los dos anteriores y viceversa. Si una institución está realizando una investigación, no le informa a las demás lo que resulta en una duplicidad de esfuerzos sin beneficio adicional a la sociedad. En cambio, si se tuviera la comunicación adecuada se podría evitar esta situación y tener avances significativos en considerablemente menos tiempo. (SEF, 2007)

Un desafío más es la falta de recursos financieros para patrocinar actividades de capacitación así como planes y estudios estratégicos. Algunas instituciones del estado como INAB

han destinado recursos a estos estudios de tendencias pero realmente no es el porcentaje originalmente estipulado para que el Estado destine. Esto viene, en parte, por la contradicción que el INAB está bajo la tutela del MAGA lo cual resulta contradictorio por conflicto de intereses. (INAB, 2011) La capacitación también es escasa. Instituciones especializadas en maquinaria no consideran rentable brindar cursos de capacitación para fomentar el uso de sus máquinas. Incluso con la alianza con el INTECAP, el incentivo no es suficiente para estas empresas proveedores de maquinaria industrial para el sector forestal (específicamente, aserradoras). (Vargas, 2011 entrevista)

21.2. Estructuras gubernamentales e institucionales de ejecución

Existen actualmente una gran cantidad de instituciones destinadas para el beneficio y promoción del sector forestal. Existen tanto instituciones de la iniciativa privada como entidades de gobierno. Dentro de las más conocidas bajo este estudio, se encuentran las siguientes:

- INAB (Instituto Nacional de Bosques): Es una entidad del gobierno, autónoma con patrimonio propio e independencia administrativa, según la Ley Forestal. Es la entidad responsable de la dirección y autoridad en materia del sector forestal. Entre sus principales atribuciones están el fomento y promoción del manejo sostenible de bosques.

- CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas): Institución creada por bajo la Ley de Áreas Protegidas que es la máxima autoridad en la coordinación del SIGAP (Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas) con jurisdicción en toda la República. Su principal finalidad es la de organizar y dirigir el SIGAP así como planificar y llevar a cabo y llevar a cabo una adecuada estrategia de la conservación de los recursos naturales renovables del país.

- INTECAP (Instituto Técnico de Capacitación): Fundado en 1972 cuyo principal objetivo es capacitar al recurso humano tanto del nivel operativo y medio así como el ejecutivo por medio de la difusión de tecnología de punta. No tiene un gran énfasis en el sector forestal y se ha limitado a promover programas de capacitación muy generales, descuidando así la tecnología de punta en procesos clave para la industria forestal.

- AREGUA (Asociación de Reforestadores de Guatemala): Fundada en 1994 y tiene 7 empresas asociadas. El principal objetivo es promover la reforestación a través de incentivos. Entre sus princiaples actividades se encuentran brindar asesoría técnica y la promoción de la capacitación constante del personal.

- COFAMA (Comisión de Fabricantes de Muebles): Fue creada en 1985 y pertenece a la Asociación Gremial de Exportadores de Productos No Tradicionales (AGEXPRONT). Su principal objetivo es el de desarrollar la industria de valor agregado para la exportación. Sus miembros reciben asesoría legal y técnica, promoción comercial y representatividad en foros y ferias internacionales. Organizan la feria anual EXPOMUEBLE en la que se dan a conocer los fabricantes de muebles a nivel internacional. Incluye a participantes de toda la cadena prodcutiva y se realizan tours a empresas, cursos, seminarios, presentaciones y eventos sociales y culturales. Su principal enfoque ha sido el de mercadeo pero tienen planes de capacitación tecnológica y diseño de productos.

- Gremial Forestal: Fue fundada en la década de los cincuentas en la Cámara de Industria y estaba dedicada tanto a la industria como a la silvicultura. Su principal objetivo es fomentar el uso racional de los recursos forestales del país y brindar información oportuna a todos los actores. Realiza promoción de producción y exportación, mejora de la tecnología, capacitación de personal, participación en foros de discusión y promoción y elaboración de leyes del sector forestal. (Inversiones y Desarrollo de Centroamérica, 1999)

También existen otras instituciones como SEF, MAGA, CATIE, Clúster Forestal, ADEFOGUA, USAC, URL, UVG y ENCA. Todas buscan contribuir al desarrollo del sector forestal pero cada una con su respectivo énfasis institucional. (Inversiones y Desarrollo de Centroamérica, 1999)

Cada institución tiene su énfasis determinado y su forma de aportar para el crecimiento de la industria forestal en Guatemala. Las insituciones educativas transmiten su mayor aporte a través de investigación y educación de futuros profesionales especializados en materia forestal. (SEF, 2007)

21.3. Condiciones esenciales para el cumplimiento de las estrategias

Todo esto que se ha mencionado acerca de estrategias a implementar no se deben dejar explicitas y únicamente en papel para que se cumplan, se deben cumplir ciertas condiciones esenciales, principalmente al externo del sector, que deben mantenerse y mejorarse para garantizar su operación y desarrollo. Se identifican, entre otras las siguientes:

- Participación y compromiso de los actores del sector.
- Estabilidad política y seguridad ciudadana.
- Certeza jurídica en la propiedad de la tierra.
- Estabilidad macroeconómica.
- Política ambiental protectiva del medio ambiente.
- Tecnología de producción disponible.
- Infraestructura física y de servicios especializados.
- Desarrollo equitativo, inclusión de mujeres y de campesinos.
- Apoyo a las MYPIMES forestales, que exista la asesoría legal y financiera para éstas. (Política Forestal, 2001) (Diagnóstico Forest Connect, 2008)

21.4. Control y metas en el sector forestal

Todos los planes y estrategias al ser diseñados para el sector forestal, se sabe que tendrán resultados concretos al largo plazo, esto es un plazo mínimo de al menos 20 años de forma continua, se puede definir como un corto plazo de 5 años, un plazo medio de 10 años, luego plazo de 15 para finalizar en el largo plazo de 20 a 30 años donde se muestran los resultados a cabalidad, se buscan las siguientes metas de acuerdo a cada uno de estos plazos definidos de acuerdo a una política forestal definida ya por el INAB, CONAP y el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas como encargados, ya que éstos cuentan con un sistema de administración y monitoreo forestal, evaluada su representatividad ecológica e inicio de acciones para la delimitación de todas sus áreas y consolidación de la presencia institucional. El Estado a través del MAGA, el INAB, el CONAP y con el apoyo de otras instancias debe desarrollar un sistema de seguimiento y evaluación de las políticas sectoriales, dentro de éstas, la forestal. Como se observa a continuación estos planes son bastante específicos, por lo que su cumplimento es fácilmente monitoreable por estas instituciones. A continuación se muestran las metas: (Política Forestal, 2001)

21.4.1. Metas en el corto plazo:

- Bosques naturales manejados dentro de áreas protegidas, bajo el mecanismo de concesión, alcanzan una superficie mínima de 200,000 hectáreas.
- Se debe controlar que al menos anualmente 100,000 hectáreas de bosques manejados alcancen obtener el sello verde, esto es certificación internacional.
- Incorporación de sistemas de manejo forestal productivo en bosques naturales a un ritmo de al menos 10,000 hectáreas al año, con tal de crear el superávit necesario para el mantenimiento de los bosques.
- Incremento del área plantada a un ritmo mínimo de 6,000 hectáreas anuales, cifra superior a las 2,500 actuales.
- Modernización tecnológica a través de la inversión en la industria forestal de un mínimo de US$10 millones enfocada en coníferas.
- Generación de nuevos empleos directos en el sector primario, podrá generarse un empleo permanente, lo cual significaría la generación de 1,000 a 2,000 nuevos empleos directos en el sector primario.
- Surgimiento y consolidación de nuevas organizaciones en torno a la actividad forestal productiva y protectora del sistema y de las estrategias mencionadas en el megaproyecto, como el Clúster Forestal, Asociaciones de Productores, Asociaciones Profesionales, Gremiales, entre otras.
- En al menos el 10% de municipios con disponibilidad de recursos forestales se debe haber iniciado una gestión de administración forestal, apoyados en el Servicio Forestal Nacional. La gestión se identificaría por el diseño e impulso de políticas, planes, programas y proyectos, para sus propios recursos forestales.
- Cambios en el sistema de educación forestal, reflejado en la creación de por lo menos una nueva carrera y el fortalecimiento a las existentes en el área forestal, así como en el incremento de profesionales y técnicos graduados en este tema.

21.4.2. Metas en el mediano plazo:

- El SIGAP consolidado aporta bienes y servicios, contabilizados, para la sociedad guatemalteca y comunidad internacional.

- Aumento del área plantada a un ritmo mínimo de 8,000 ha anuales, de las cuales al menos 30% tendrán lugar en las zonas estratégicas para la producción de agua.
- Ampliación industrial en las zonas de mayor productividad forestal y con productos que tienen asegurada la demanda en el mercado internacional de productos forestales.
- Enfoque mayoritario en el producto de valor agregado y maderas tratadas.
- Especialización en los procesos productivos y en los servicios de apoyo a la producción forestal con miras a la consolidación del clúster forestal.
- Ampliación de las exportaciones alcanzando cantidades cinco veces mayor que el actual.
- Aumento creciente de empleo en la industria y servicios conexos.

21.4.3. Metas a largo plazo:

- Sistemas de manejo forestal productivo, dentro y fuera de Areas Protegidas, hasta alcanzar un mínimo de 800,000 hectáreas.
- Consolidación de polos foresto-industriales de por lo menos 200,000 ha de plantaciones.
- Contribución substancial del sector en el balance económico del país, triplicando el PIB actual de US$ 350 millones anuales.
- Contribución substancial del sector forestal al desarrollo rural, expresado por los empleos generados, directos e indirectos, la contribución en la organización, el nivel de la productividad de la mano de obra, entre otros.
- Servicios de apoyo y conexos a la actividad forestal con mayor calidad, en función de la demanda creciente de los mismos.

21.5. Participación social

Por último y probablemente la parte más importante y que debe llevar más seguimiento es que la sociedad esté interesada en los proyectos y estrategias forestales, que estos participen activamente según su actividad económica en la sociedad, y es indispensable que todos tengan la información básica acerca de este sector, que es lo que este trabajo de graduación pretende.

De hecho, actualmente existe una tendencia a una mayor participación social en el sector forestal, toda vez que se observa mayor interés en la administración forestal a nivel nacional y local, prueba de ello son los procesos de Concesiones Forestales en Petén y el surgimiento de un mayor número de organizaciones de productores forestales; así como la existencia de foros de discusión y análisis como la Mesa de Concertación y Política Forestal de las Verapaces; y el Consejo Nacional de Estándares de Manejo Forestal Sostenible para Guatemala. Por lo que es solo cuestión de brindar más apoyo e información adecuada y accesible de forma fácil que busque el crecimiento de estas entidades y de las MYPIMES forestales, ya que un mercado con alta participación es un mercado grande y competitivo, por ende un mercado en mejora constante y continua. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004)

Se deben consolidar los espacios de diálogo referidos al tema bosques para hacer llegar a los interesados, creando y fomentando foros tales como la Mesa de Concertación y Política Forestal de las Vera paces, esto unido con la creación de los clústeres pequeños indican una cosa, "descentralización". Estos serán elementos fundamentales para mejorar la gestión de los recursos forestales. (Estudio de tendencias del sector forestal, 2004)

Como se menciona en las estrategias, la certificación forestal fomenta a la seguridad del mercado forestal guatemalteco a nivel mundial, por lo que los mayores beneficios de la este procedimiento se traducen en el mejoramiento sociopolítico, que a su vez en manejo de recursos y crecimiento del sector. Sin embargo, se requiere de mayores esfuerzos para asegurar la comercialización de productos forestales certificados y mejores precios, los cuales deben estar dirigidos a la participación de toda la sociedad sean productores, comerciantes o consumidores de madera; ya que al estar informado de las certificaciones se tiene conciencia a la hora de un negocio. El sistema nacional de conservación también cuenta con variados mecanismos de participación ciudadana en la administración del mismo. Incluye cerca del 28% del territorio nacional y cerca de la mitad de estos ha logrado basarse en la participación de los campesinos que buscan crecer por medio de un sistema de los mencionados en las estrategias. Es vital que la participación sea al 100% y que el gobierno contribuya a que se descentralice. (Las MIPYMES pueden hacer uso de esta herramienta descentralizada, ya que estas organizaciones constituyen instancias de representación que funcionan a nivel regional, siendo convocadas a las actividades, siendo un método hasta único para comunicar a los participantes. (Diagnóstico Forest Connect, 2008) (Política Forestal, 2001) (Diagnóstico y marco de referencia, 2010)

22. APORTE ACORDE A LAS ESTRATEGIAS

22.1. Planteamiento de estudio de mercado

22.1.1. Justificación del estudio:

De acuerdo a las estrategias mencionadas para solucionar los problemas que tienen raíz en el mercado como falta de inversión en el sector y desconocimiento en que se debe invertir, se muestra en este capítulo un estudio de mercado con base a un producto ejemplo de valor agregado, que son mesas knockdown de madera. La selección de este tipo de mercancía y no solamente madera aserrada, además de ser dedicado a la exportación se dejó planteado en las estrategias que es la mejor vía de generar valor en la actividad, atrayendo inversionistas y mejorando las condiciones de mercado además de afectar positivamente los otros rubros como instituciones más fuertes (a mayor interés mayor control) y conservación (mantenimiento adecuado de materia prima, aprovechar la tendencia del "mercado verde"). Se usa este mueble para ejemplificar la rentabilidad y mercado potencial de la industria de productos maderables de valor agregado en el país, que existe demanda en el extranjero para las maderas tropicales únicas que se pueden valorizar a mejores precios y a bajos costos, generando la rentabilidad y la atracción de inversión que el sector necesita. De acuerdo a las estrategias al seguir las instrucciones y recomendaciones de este documento se deben hacer de una forma conjunta para crear un estándar viable en la industria forestal.

Para llegar a definir un buen estudio mercadológico es necesario conocer cómo se va a comercializar el producto, en donde se fabricará, que rutas seguirá, que impuestos y aranceles debe pagar o si se encuentra exento de estos y con mayor énfasis como posicionar el producto en el mercado inicial. El estudio se puede dividir en una fase de investigación de fuentes, determinación de demanda potencial, segmentación y posicionamiento del producto.

22.1.2. Descripción de la materia prima:

Se tiene pensado usar la especie endémica de Guatemala Pinus Oocarpa, la cual fue seleccionada debido a:

- Abundancia en el área de materia prima
- Bajo costo

- Características satisfactorias para muebles
- Endémica de la región. Fácil de posicionar como producto exótico fuera del país.

De igual forma el producto se encuentra tallado y barnizado, dándole valor agregado al consumidor final. Se tiene por lo mismo como lugar de ejemplo poner la planta en Cobán, debido a la cercanía con la materia prima y al puerto de exportación y el clima es adecuado para el mantenimiento de la leña en troza. Toda la descripción de la materia prima (madera y barnizado) se puede ver en el anexo.

22.1.3. Descripción del producto: Se debe tener siempre una idea de cómo va a ser el producto, para poder concentrar esfuerzos en las fases y obtener mejores resultados. El producto que se busca exportar son escritorios tipo knockdown (esto es, las patas y la tabla vienen desarmadas listas para que el cliente termine de formar la mesa) hecha con madera tratada de la especia Pinus Oocarpa de tipo tropical y exótica en el exterior, con detalles grabados y barnizada dándole un estilo étnico, la dimensión de la tabla con base a observación y benchmarking de otros productos ergonómicos es de 70 x 50 centímetros de superficie, una altura de las patas de 70 centímetros y un grosor general de 5.08 centímetros (2 pl.) y su producción a pesar de su diseño artesanal se ha logrado semiautomatizar reduciendo costos y logrando un mayor volumen de producción. El producto al ser knockdown se espera que sea armado por el consumidor, vendiéndose el paquete de la tabla y cuatro patas listas para armar, su volumen de caja será de 0.025 $m^{3,}$ se pensó así ya que ayuda a mantener el costo bajo y da la experiencia al cliente de armar su propio mueble.

22.2. Investigación de mercado

22.2.1. Pago de aranceles: Si se tiene un producto que se desee exportar primero se debe analizar los pagos arancelarios de exportación que tendrán las mesas como producto, de modo de identificar mercados más permisivos y que tengan costos reducidos, que se traducen a mayores utilidades y facilidad de posicionamiento. Muchas de las exportaciones, incluyendo las artesanías, están exentas del pago de impuestos para salir del territorio guatemalteco, como se verá en los siguientes párrafos el producto manufacturado de madera también lo está. Lo que sí se debe considerar para fines de este proyecto, es cuánto impuesto se debe pagar a la hora de entrar al país

en donde se está importando la artesanía guatemalteca. Estos aranceles de exportación a otros países se consideran en el anexo.

Los sectores de Europa y Estados Unidos, donde mejor se puede posicionar el producto explicado en este proyecto, han favorecido a los sectores artesanales de países sub desarrollados y en vías de desarrollo, del pago de impuestos de importación. Así la mayoría de artesanía guatemalteca también está exenta del pago de impuestos de importación hacia estos mercados, debiendo tramitarse como único requisito en Guatemala el Certificado de Origen forma A, que de acuerdo a la SAT, indica que la mercancía se obtiene de su totalidad del territorio nacional, para que este beneficio arancelario sea aplicado en la aduana de destino.

Si el destino es otro mercado diferente al europeo o norteamericano, deberá determinar si Guatemala tiene algún convenio arancelario con este país y deberá también identificar la partida arancelaria correspondiente al producto que exportará, para revisar en el sistema arancelario del país seleccionado, el porcentaje de impuesto que aplica.

De acuerdo a las partidas arancelarias de la SAC (Sistema Arancelario de Centroamérica) en su capítulo se considera dentro de los productos artesanales mencionados a los de las partidas comprende principalmente muebles. Dentro de este capítulo, se incluyen las partidas 9401, 9402 y 9403, descritas más adelante. Estos capítulos arancelarios comprenden la exportación de componentes para muebles, así como variados tipos de muebles. Los capítulos mencionados se subdividen en partidas, las cuales llevan a cabo una clasificación más detallada del bien que se ubica en dicho capítulo.

- Asientos, incluso los transformables en cama, y sus partes (Partidas 9401)
- Mobiliario para medicina, cirugía, odontología o veterinaria; sillones de peluquería y sillones similares, con dispositivos de orientación y elevación, partes de estos artículos (Partidas 9402)
- Los demás muebles y sus partes (Partidas 9403)

El producto objetivo de este proyecto (mesas knockdown de pino endémico de Guatemala con acabado) entra en las partidas expuestas para exoneración de impuesto en Europa y Estados Unidos, siendo esto una gran ventaja competitiva y un punto de comienzo de desarrollo del mercado forestal. Con base a esto se puede enfocar esfuerzos en mercados más aptos para el mercado de

productos maderables guatemaltecos. En los siguientes apartados se busca conocer la demanda de estos lugares y justificar a donde y en qué cantidad se exportará el producto de valor agregado. (Pago Aranceles AGEXPORT, 2009)

22.2.2. Logística: Posteriormente se debe definir los métodos de transporte y las distancias, ya sea de materia prima al lugar de fabricación y de éste a su destino de exportación. En el caso de la planta ubicada en Cobán se toma como antecedente a la preparación de la ruta de transporte sugerida en el proyecto, se sabe que Guatemala cuenta con 12,475 kilómetros de carreteras (26% pavimentados). La carretera Panamericana comunica a Guatemala con México, Honduras y El Salvador (con quien se da el mayor tráfico comercial). Los principales aeropuertos internacionales son La Aurora en la Ciudad de Guatemala (tiene infraestructura para almacenaje y refrigeración), y Santa Elena en Petén. También existen aeropuertos más pequeños en Puerto Barrios, Puerto de San José, Retalhuleu y Cobán. Puertos marítimos a considerar se muestran a continuación:

Tabla 64. Principales puertos de carga en Guatemala

Guatemala: Principales puertos de carga

Puerto	Ubicación	Comentarios
Puerto Quetzal	Pacífico	Principal puerto de carga
Puerto San José	Pacífico	
Champerico	Pacífico	
Puerto Barrios	Caribe	Propiedad de compañía bananera
Santo Tomás de Castilla	Caribe	Recibe principalmente el tráfico de/hacia Estados Unidos

Fuente: Comisión Portuaria Nacional de Guatemala

Como puerto en Estados Unidos se cuenta con el de Nueva York y California, para entrar en éste la mejor opción es traslado desde la Planta en Cobán al puerto de Santo Tomás de Castilla en Izabal para ingresar por el mercado de Nueva York y Puerto Quetzal para el mercado de California, ya que logísticamente representa el menor costo. En base a esto se debe de calcular el kilometraje y el costo de flete a una exportación de furgón al país destino.

Los fletes deben ser calculados de acuerdo a la distancia óptima desde Cobán hasta los puertos, por ejemplo entre este lugar y la salida al atlántico se calculan para 269 km y el tiempo efectivo de transporte es de 4 horas.

Es de importancia definir costos de fletes desde la fábrica productora al puerto de embarque y posteriormente a los puertos de entrega FOB a los clientes. Cotizando diversas empresas del país se tiene el siguiente detalle de un furgón común:

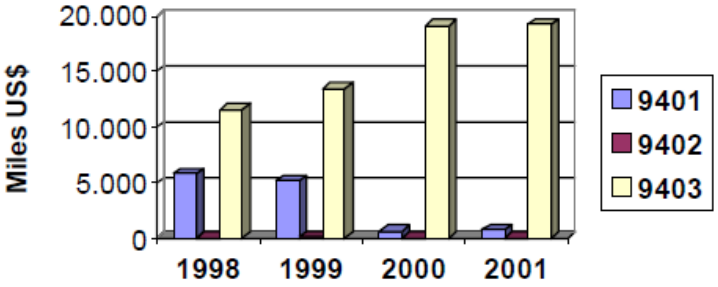
Contenedor de 40’:

- Volumen: 45 m^3
- Capacidad de carga: 16,000 kg
- Precio Nacional cotizado de Ciudad de Cobán a Puertos: $600.00
- Precio Marítimo Internacional a Miami o Nueva york: $2,500.
- Flete total: $3,100.00

Esto como ejemplo para conocer y tomar como factor decisivo los costos del mercado al cual se desea entrar, existiendo un costo 0 de aranceles en este caso entrar al mercado de Estados Unidos se considera viable, pasando ahora a analizar las características tanto del comercio nacional como estadounidense.

22.2.3. Características del comercio guatemalteco: Posteriormente se hace un estudio de mercado ya sea por fuentes primarias o secundarias para conocer en qué países y regiones existe una potencial demanda del producto, en este caso mesas knockdown. Se observa que las tendencias del mercado de muebles local para exportación ha experimentado una tendencia de crecimiento para los productos maderables de partida arancelaria 9403, esto es los muebles de madera como las mesas que son el producto ejemplo que se maneja, podemos ver en las exportaciones que en de 1998 al 2001 las exportaciones de sillas ha venido bajando. De este modo se tiene un mercado de muebles más posicionado y apoyar este rubro. La tendencia se puede apreciar en la siguiente gráfica:

Figura 140. Exportaciones de muebles según partida.



Fuente: SIECA

El mercado de exportación de muebles de Guatemala se circunscribe a la región en la cual se encuentra, la mayoría de sus exportaciones. Los principales destinos de las exportaciones de muebles son El Salvador, Honduras y México. Por su parte, los principales mercados de origen de las importaciones son Estados Unidos, México y El Salvador. A continuación se muestra una tabla con las exportaciones e importaciones de muebles en el año 2010 con mayor detalle que el visto en el marco de referencia:

Tabla 65. Importaciones a Estados Unidos de America

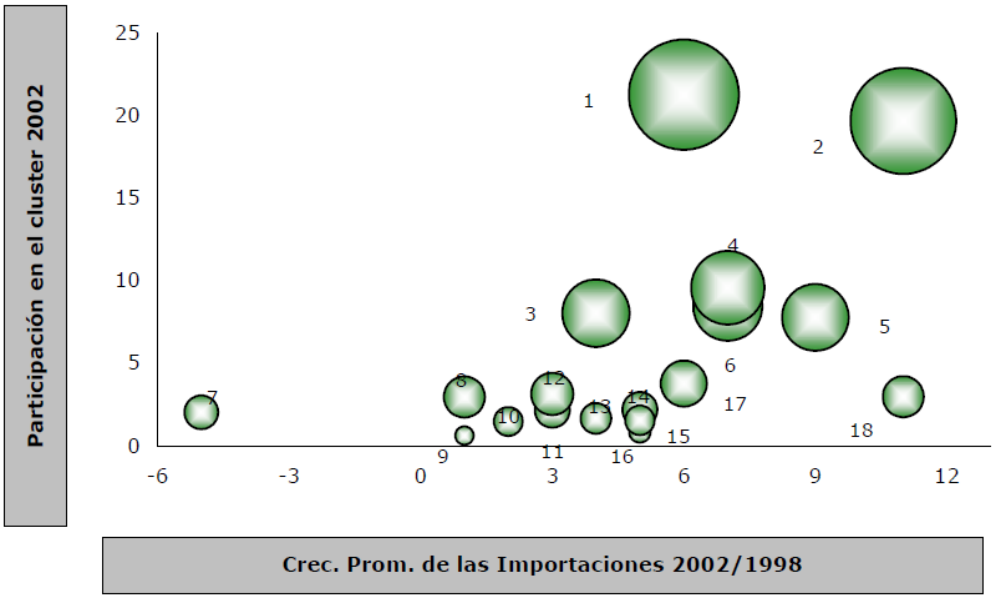
Origen Importaciones	Total Importado (miles US$)	% del total importado	Destino Exportaciones	Total Exportado (miles US$)	% del total exportado
		9401			
Estados Unidos	1.746,0	47,5	El Salvador	471,6	65,2
Taiwán	328,5	8,9	México	70,2	9.7
México	313,0	8,5	Honduras	46,4	6,4
Dinamarca	154,1	4,1	Costa Rica	41,2	5,7
Canadá	145,1	3,9	Nicaragua	38,6	5,3
Otros	987,3	26,8	Otros	54,8	7,5
		9402			
Estados Unidos	558,7	53,1	Nicaragua	34,4	64,4
Panamá	149,8	14,2	El Salvador	12,3	23,0
México	96,9	9,2	Belice	5,5	10,2
Otros	245,5	23,2	Otros	1,2	2,2
		9403			
Estados Unidos	9.656,0	39,4	Honduras	5.640,3	29,2
México	2.824,8	11,5	El Salvador	5.435,3	28,2
El Salvador	2.149,1	8,7	Estados Unidos	3.338,2	17,3
Brasil	1.255,1	5,1	Nicaragua	3.171,1	16,4
Italia	1.027,7	4,1	Costa Rica	801.0	4,1
Otros	7.557,1	30,8	Otros	870.5	4,5

Fuente: SIECA

De esto se sabe que en Estados Unidos se puede tener un fuerte de posicionamiento del producto exportado, ya que no ha sido aún explotado con respecto a exportaciones, siendo una oportunidad de balancear la balanza comercial. Con base a esto se escoge Estados Unidos como el destino inicial del producto para mostrar la factibilidad de la empresa de acuerdo a los objetivos del documento, se busca justificar esto con respecto a las oportunidades de venta. (Mercado del sector mueble en Guatemala, AGEXPORT 2005)

22.2.4. Oportunidades de venta: Para definir en qué mercados se puede ingresar de forma rentable, conociendo que existe demanda del producto, primero se debe definir la dimensión del mercado mundial, actualmente el del mueble está dominado por los países desarrollados que producen el 74% del comercio global y consumen cerca del 78%. En el 2002 los muebles de madera (incluyendo los asientos) abarcaron el 48,4% del clúster de muebles, seguido por los de metal (15,6%). El rubro de mayor participación fue "los demás muebles de madera" (excluye los muebles para oficinas, dormitorios, cocina y asientos y armables "knockdown" como el analizado en este documento) con el 21,3%. Los rubros "asientos con armazón de metal sin tapizar" y "partes y piezas de asientos" registraron el mayor dinamismo entre 1998 y 2002, al crecer 11% cada uno. Otros rubros de importante crecimiento fueron "muebles de madera para dormitorios" (9%) y "asientos tapizados con armazón de madera" (7%).

Figura 141. Dinámica de la demanda mundial de muebles



La participación se mide en porcentaje y el crecimiento en la diferencia de porcentajes en los años estipulados. Cada rubro se representa por medio de volumen de crecimiento y se identifican de acuerdo al siguiente listado:

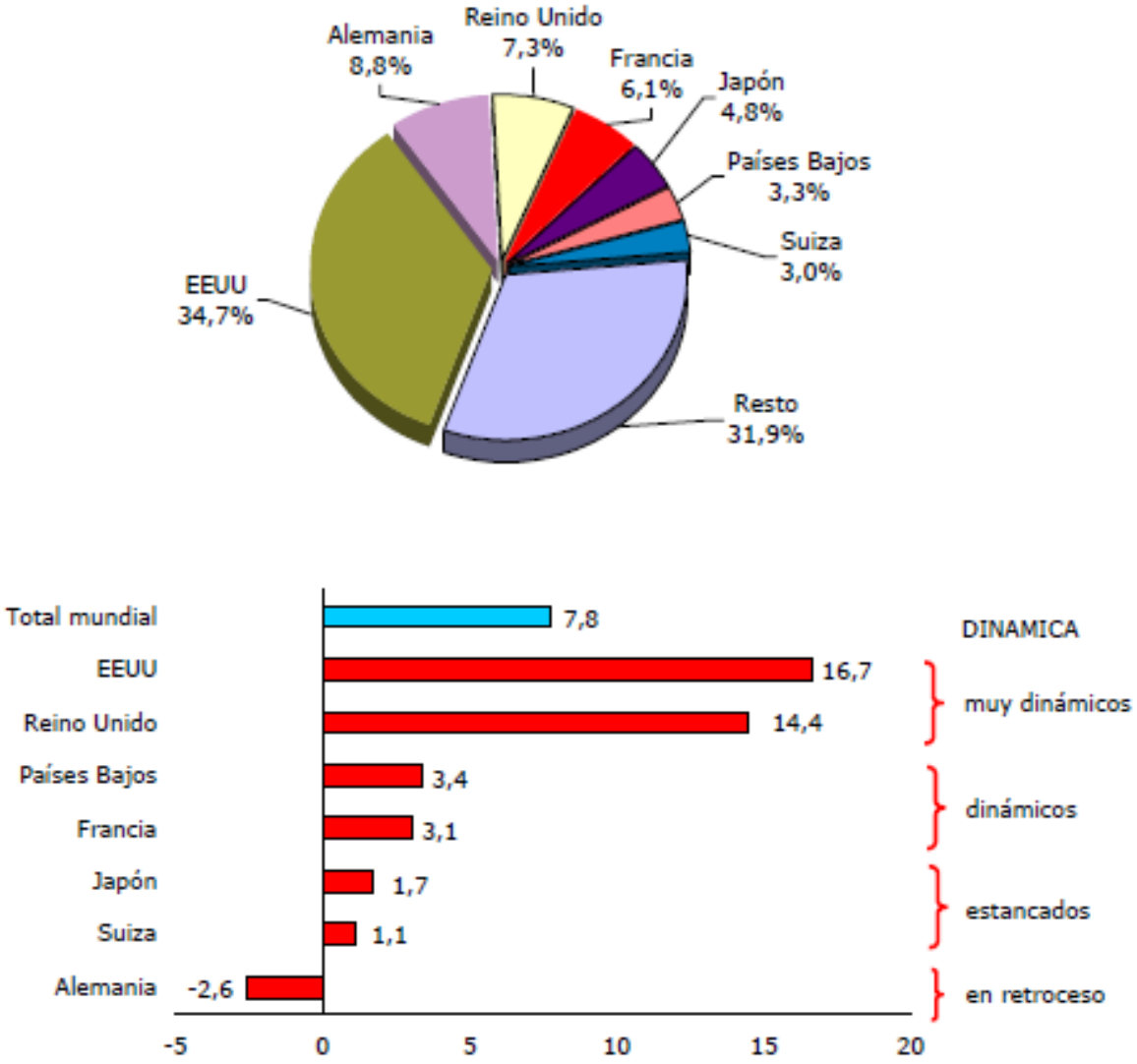
1 Demás muebles de madera
2 Partes y piezas de asientos
3 Partes y piezas de muebles
4 Asientos con armazón de madera, con relleno
5 Muebles de madera para dormitorios
6 Demás muebles de metal
7 Muebles de metal para oficinas
8 Muebles de madera para oficinas
9 Asientos de roten ratán, mimbre, bambú o materias similares
10 Muebles de plástico
11 Asientos giratorios de altura ajustable
12 Asientos con armazón de madera, sin relleno
13 Muebles de otras materias (roten, mimbre, bambú o materias similares)
14 Asientos con armazón de metal, con relleno
15 Demás asientos
16 Asientos transformables en cama (material de acampada o de jardín)
17 Muebles de madera para cocinas
18 Asientos con armazón de metal, sin relleno

El comercio de muebles, a nivel mundial, involucra principalmente a 20 países, entre los cuales destacan EEUU, Alemania, Reino Unido, Francia, Japón y Países Bajos como los principales importadores; e Italia, China, Canadá, Alemania, Polonia y Dinamarca como los principales exportadores. Las importaciones mundiales de muebles de madera alcanzaron los US$ 30,7 mil millones en el 2002, registrando un crecimiento promedio anual de 7,6% entre 1998 y 2002, siendo el rubro “muebles de madera utilizados para dormitorio” el de mayor dinámica (10%), seguido por los “demás muebles de madera (8,4%).

EEUU es el principal destino de las ventas mundiales de muebles de madera, siendo el principal importador mundial de muebles de maderas, concentrando el 34,7% del total mundial, y registrando uno de los crecimientos más dinámicos (16,7%).

Esta tendencia al alza de las importaciones estadounidenses se mantendrá dada la reducción de las inversiones de los fabricantes nacionales, quienes han optado por la subcontratación en terceros países, principalmente en China y otros países asiáticos que se tornaron más competitivas debido al menor costo de la mano de obra. Se observan los principales importadores mundiales de muebles de madera a lo largo de la última década de acuerdo a estudios de Mercosur:

Figura 142. Importaciones según país a EEUU.



Se observa que EEUU incrementa sus compras del exterior, las ventas minoristas de muebles en este país mantiene una tendencia ascendente, creciendo a un ritmo anual promedio de 5% (1993-2003), en línea con el buen desempeño de la economía estadounidense y la mejora de la capacidad adquisitiva de la población. Similar comportamiento sostienen las importaciones, pero a un mayor ritmo de crecimiento (16%), representando el 22,7% de las ventas minoristas en el 2003 versus el 8,5% de 1993. Esta tendencia al alza de las importaciones coincide con una relocalización a gran escala de fábricas norteamericanas que buscan ubicarse en países donde los costos de producción y la mano de obra son más baratos que en EEUU, por lo cual estas compañías han trasladado las labores de corte y costura, y en algunos casos de ensamblaje, a países como México,

China y otros países del Sur Este Asiático. De acuerdo al US Census Bureau se tiene la siguiente información:

Figura 143. Evolución de las importaciones y ventas minoristas muebles de madera en miles de dólares.

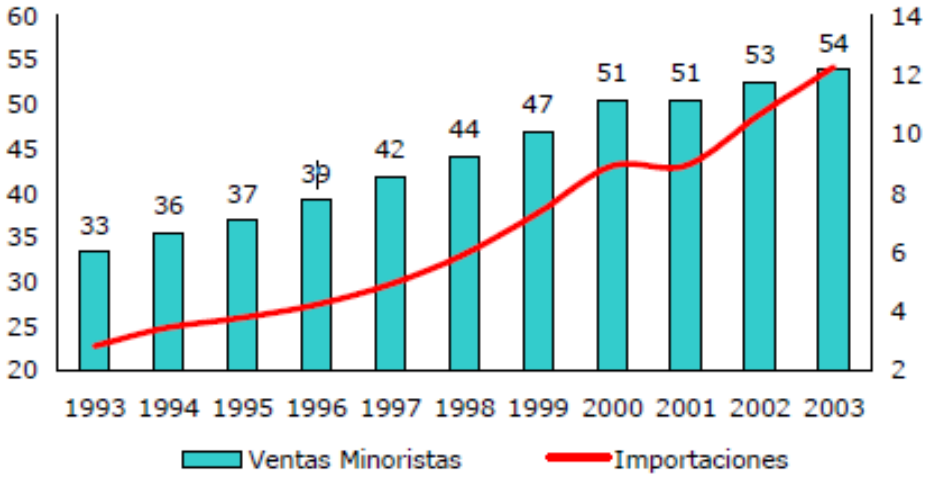
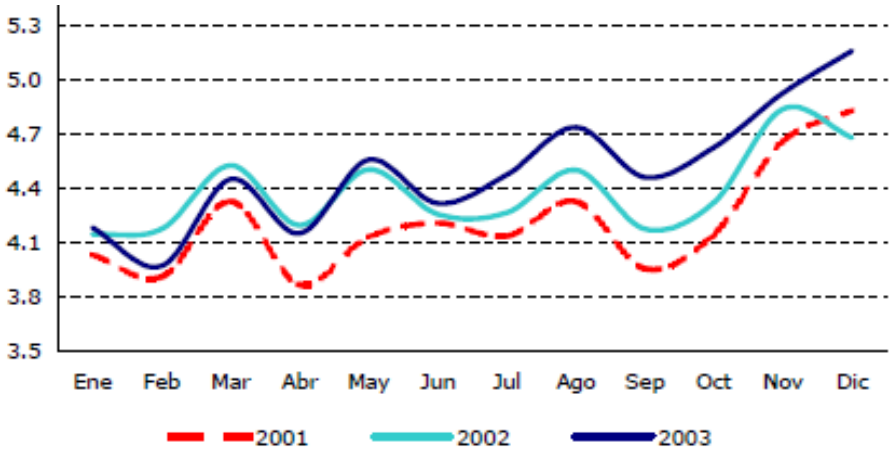


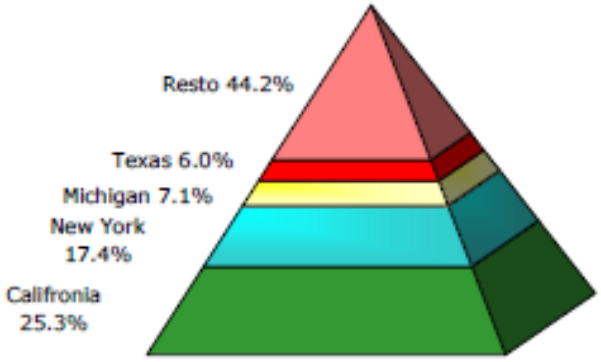
Figura 144. Estacionalidad de las ventas minoristas de muebles en miles de dólares.



De acuerdo a los estudios de mercado del US Census Bureau se tiene conocimiento que para el mercado de muebles de madera (como las mesas knockdown) California es el estado con mayor demanda. Los rubros de mayor demanda por importaciones en EEUU son “los demás muebles de madera” con el 39,3% del total, seguido por “los muebles de madera utilizados en los dormitorios “(22,8%) y “los asientos tapizados con armazón de madera” (16,8%).

A nivel de estados, California, New York y Michigan concentra alrededor de la mitad de importaciones de muebles de madera, participando del 25,3%, 17,4% y 7,1%, respectivamente. Al tener contemplado como puerto de salida a Santo Tomás de Castilla como se evaluará más adelante, una excelente vía de acceso a EEUU sería por New York logísticamente. De igual forma se disponen de estudios por parte del US Census Bureau al 2003 que indica esto como se ve en las siguientes gráficas:

Figura 145. Dinamismo de las importaciones de muebles de madera por estado.



En la siguiente tabla se observa un mercado bastante dinámico en la costa este de EEUU de acuerdo a las importaciones de muebles agrupados en las partidas arancelarias mencionadas en la descripción del mercado:

Tabla 66. Dinamismo porcentual de importaciones por estado.

Distrito	2003			1998-2003	
	US$ mill.	Part. %	Var. %	Crec. Prom.	Tipología
Total	**12 274,4**	**100,0**	**15,0**	**16,4**	**Muy dinámico**
Los Angeles, CA	2 415,0	19,7	31,5	21,2	Muy dinámico
New York, NY	1 218,9	9,9	11,2	17,4	Muy dinámico
Detroit, MI	871,8	7,1	5,2	10,4	Muy dinámico
Savannah, GA	566,1	4,6	19,3	19,6	Muy dinámico
Charlotte, NC	561,7	4,6	-3,8	20,5	Muy dinámico
Norfolk, VA	510,5	4,2	55,9	34,6	Muy dinámico
Seattle, WA	494,5	4,0	13,3	13,1	Muy dinámico
Ogdensburg, NY	473,2	3,9	-1,5	10,4	Muy dinámico
Chicago, IL	464,6	3,8	24,3	23,6	Muy dinámico
Buffalo, NY	443,5	3,6	7,7	9,3	Dinámico
San Francisco, CA	347,4	2,8	19,7	21,8	Muy dinámico
New Orleans, LA	345,3	2,8	-10,7	26,7	Muy dinámico
San Diego, CA	338,1	2,8	-2,0	5,7	Dinámico
Miami, FL	330,1	2,7	15,0	15,9	Muy dinámico
Charleston, SC	308,9	2,5	43,5	19,6	Muy dinámico
Resto	2 584,7	21,1	12,2	13,6	Muy dinámico

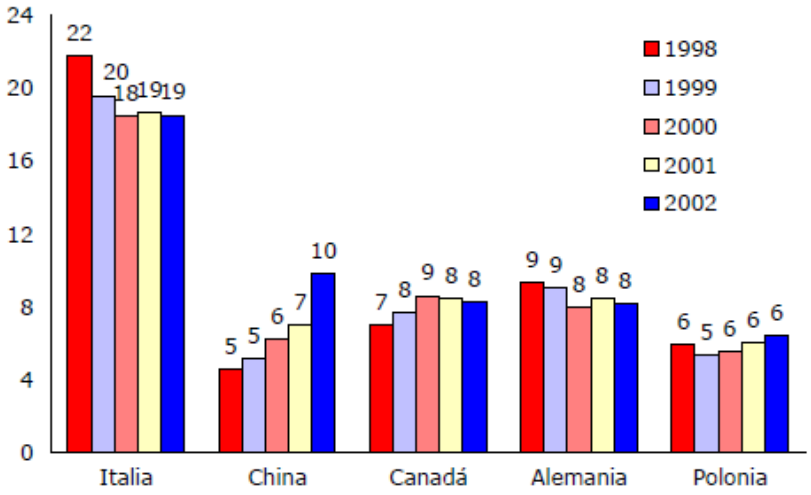
22.3. Oportunidades de mercado en muebles de madera.

EEUU es líder de las importaciones de muebles de madera (47,1% del total mundial) y registró la mayor dinámica de crecimiento (24%). Su principal abastecedor es China cuya participación viene creciendo sostenidamente, restándole mercado a Canadá.

22.3.1. Exportación mundial de muebles de madera liderada por Italia:

Alrededor del 50% de las exportaciones mundiales de muebles de madera se concentran en 5 países (Italia, China, Canadá, Alemania y Polonia), lideradas por Italia que abarca el 19% del total exportado, aunque su participación se mantiene relativamente estable desde 1999. Otro importante proveedor es China (10%), que viene incrementando sus ventas a un ritmo acelerado.

Figura 146. Principales exportadores mundiales de muebles de madera en porcentajes.



22.3.2. Exportación mundial de China:

En los últimos años la industria mobiliaria de China, formada por más de 50 mil empresas productoras de muebles con más de 5 millones de empleados, ha registrado una fuerte expansión, convirtiéndose de una industria artesanal tradicional a una importante rama industrial con una producción mecanizada, capaz de producir todo tipo de muebles de alto contenido tecnológico y artístico.

En el 2001 el valor de la producción de la industria del mueble en China ascendió a US$ 16,9 mil millones, creciendo a una tasa promedio anual de 23% desde 1978, tras las importantes inversiones extranjeras (sobre todo de EEUU, Taiwán y otros países asiáticos), impulsadas por el fuerte incremento del consumo nacional ante el rápido crecimiento económico del país, el mayor nivel de ingreso disponible, un mejor nivel de vida y la reforma del régimen de vivienda, que está orientada a eliminar gradualmente los sistemas de vivienda estatal y laboral en favor de la propiedad individual con un acceso más fácil a créditos inmobiliarios.

A esta situación se aúna el auge de las exportaciones chinas, cuyos volúmenes crecieron a un 30% anual entre 1996 y 2002. Los muebles de China se exportan principalmente a EEUU, Japón y Taiwán, aunque actualmente viene desarrollando estrategias para su ingreso gradual a otros mercados, principalmente el europeo. Según la Asociación Nacional del Mueble de China la producción china de muebles puede alcanzar un nivel de US$ 20,6 mil millones en el 2005 y aproximadamente US$ 36,3 mil millones en el 2015, mientras que las exportaciones ascenderían US$ 6 mil millones en el 2005 y superar los US$ 10 mil millones en el 2015, representando un porcentaje estimado del 20% del comercio mundial.

De los anteriores apartados se observa que se debe entrar en un mercado cuyo posicionamiento de calidad se encuentra en muebles italianos y en cantidad económica (en masa) en los productos chinos. Con base a esto se debe crear una estrategia de posicionamiento y obtención de un sector del mercado para los muebles y posteriormente productos maderables guatemaltecos. (Perfil competitivo, US Census Bureau 2003)

22.4. Productos de madera tropical

22.4.1. Consumo de madera tropical:

Los EE.UU. es el mayor productor y consumidor mundial de productos de madera, pero a pesar de esto representa sólo el 1% de las el consumo de productos de madera tropical. Casi todo lo que las importaciones de EE.UU. en productos de madera tropical se encuentran en la forma de productos transformados. Los EE.UU. importa casi un volumen insignificante de madera en rollo de madera tropical; sólo 1.500 m3 en 2006. Importaciones de madera aserrada tropical de madera también son relativamente pequeños en 364.000 m3 en 2006, pero son un componente importante de todas las importaciones de madera aserrada, con un 22% del total en 2006. Las importaciones tropicales lugar más prominente en el

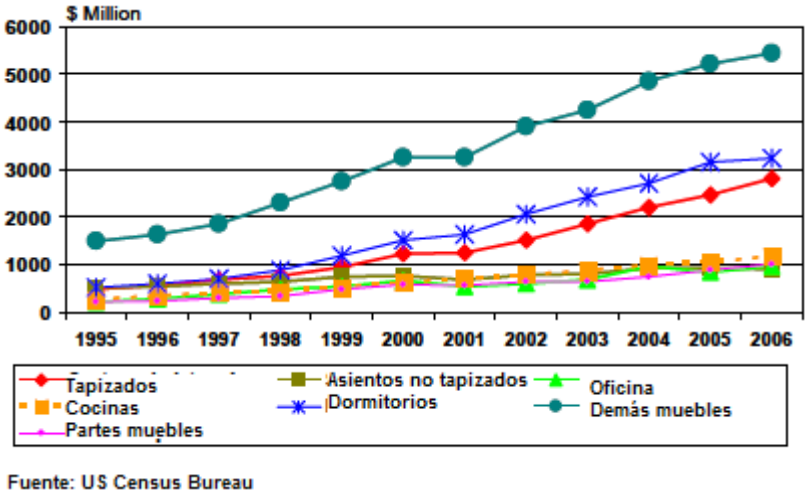
contrachapado de madera y suelos de los segmentos que en madera aserrada. Las importaciones de EE.UU. de madera tropical fueron de 1,4 millones de m3 en 2006 y representaron el 30% de las importaciones de contrachapados de madera, los productos tropicales suelos representaron aproximadamente el 45% de los pisos de madera las importaciones. Al hacer algunas suposiciones acerca de la proporción de la madera tropical en las importaciones de procesados, que estiman que en 2006 las importaciones de EE.UU. de especies de madera tropical representa un volumen de aproximadamente 4,6 millones de m3 en equivalente en madera rolliza, sin incluir los muebles de madera. De acuerdo con esto se ve un mercado emergente de productos ya manufacturados de madera tropical, oportunidad en la cual Guatemala puede lograr su posicionamiento como líder de este mercado y competir con competidores directos (del rubro productos de madera tropical) así como indirectos (productores de calidad de Italia y en masa de China).

22.4.2. Producción y demanda de muebles en EEUU: Los muebles de EE.UU. y la industria de mobiliario están compuestos por fabricantes de bienes como gabinetes de cocina, muebles tapizados, muebles institucionales, mobiliario de oficina, carpintería de encargo y los fabricantes de muebles para el hogar varios. Las estadísticas del gobierno de EE.UU. muestran el valor de los envíos de la industria de muebles en EE.UU que son aproximadamente $ 84 mil millones en 2005. Según la prensa especializada, los 25 principales fabricantes de los EE.UU. e importadores de muebles representan el 38% de las importaciones de muebles a EE.UU. Muchos productores de EE.UU. también importan componentes y/o productos terminados para la distribución de muebles. De hecho, la industria del mueble EE.UU. ha experimentado una drástica contracción en la última década gran parte como resultado de la globalización y la competencia de las importaciones. Para muchos fabricantes de los EE.UU. de muebles de madera, menores costos de producción han favorecido la parte externa o la totalidad de su producción a fábricas en el extranjero, sobre todo en China, y las empresas chinas se han invertido también en una mayor capacidad para EE.UU. También los minoristas como Wal-Mart, Costco y Target han impulsado las ventas de los muebles más baratos fabricados en el extranjero. Como resultado, desde 1999, las importaciones de EE.UU. de muebles de madera se han más que duplicado de EE.UU. $ 6,7 mil millones de dólares EE.UU. 14,4 mil millones en 2006. Estados Unidos actualmente importa más muebles de los que exporta, por lo que es más probable encontrar un mercado para los productos guatemaltecos de valor agregado, como las mesas knockdown, y con menor riesgo que en otros países, donde se debe entrar posteriormente ya con el producto posicionado.

Las cifras exactas no están disponibles, y las estimaciones varían en función de cómo se agrupan los muebles, pero la mayoría de los analistas creen que las importaciones representan en la actualidad de más de 45% del valor total de la casa de madera y mobiliario de oficina que se consume en los Estados Unidos. Una entrada exitosa al mercado de EE.UU con muebles guatemaltecos como se ha visto durante los últimos cinco años debe ser a la tendencia aquellos que producen muebles de lujo, de alta gama de muebles, algunos de los cuales utiliza madera aserrada tropical de alta calidad y los grados de chapas de madera tropical y madera contrachapada. De esta forma se puede posicionar funcionalmente como una mesa knockdown de mayor calidad que las disponibles ya en el mercado de EE.UU; principalmente debido a las características de la madera prima ya mencionadas y el valor agregado a bajo costo que se observa en el apartado de producción.

Además la tendencia de este tipo de productos no segmentados (los demás muebles de madera) ha tenido un mayor auge en los últimos años, a pesar de la poca segmentación cuenta con alto potencial, se puede observar esto en las siguientes graficas de productos importados a USA. (Productos de madera tropical en USA, 2004)

Figura 147. Importaciones USA de muebles de madera.



Fuente: US Census Bureau

De esto se observa que para productos transformados en Guatemala con especies endémicas de la región, como las mesas *knockdown*, existe un amplio mercado potencial en Estados Unidos para su venta, ya que con adecuado posicionamiento los productos nacionales pueden abrir una brecha en las exportaciones de este país, y por lo mismo el total de la producción de una planta de producto de valor agregado de madera puede ser exportado y vendido a un mejor precio que genere mayor valor para el sector forestal y mayor atracción de inversionistas a éste. De esto se asume que

la producción de una fábrica de mesas *knockdown* inicial será comprada en el extranjero ya que la demanda potencial es por mucho mayor a lo que el mercado guatemalteco puede ofrecer de forma inicial.

22.5. Determinación de la demanda

Al analizar el ingreso en millones de US$ ante el concepto de bienes de consumo importados en el mercado estadounidense es posible determinar el porcentaje que representa la categoría de muebles e insumos para el hogar ante el total de bienes de consumo. En la siguiente tabla se tienen los resultados específicos para julio y agosto 2011 además del incremento hasta la fecha, de importaciones de bienes de consumo segmentados por distintas categorías según la finalidad de su utilización; tomando específicamente la categoría de mobiliario del apartado Foreign Trade del US Census Bureau:

Tabla 67. Importaciones de bienes a EEUU de acuerdo a uso.

Item	Agosto 2011	Julio 2011 (R)	Cambio Mensual	Año 2011	Año 2010	Diferencia entre años
Bienes de Consumo	42,469	43,253	-784	344,164	317,726	26,439
Muebles y bienes del hogar	1,934	2,000	-66	15,695	15,277	418

Nótese en la tabla anterior que se toma en cuenta únicamente la categoría segmentada como "Muebles y bienes para el hogar" ante la cual es posible determinar la representación en las importaciones que tiene ésta categoría para total país. Con esto es posible realizar el cálculo pertinente (15,277/317,728) con lo que se obtiene que ésta categoría representa un 4.56% de las importaciones de bienes de consumo en el total del mercado estadounidense en el año 2010 que sirve de año base.

Seguidamente se desea estimar el incremento interanual que tiene el segmento de bienes de consumo desde el año 2010 para el año 2011. Se asume que se tendrá el mismo incremento para el año 2012 con lo cual es posible determinar el incremento en importaciones para bienes de consumo y, posteriormente el incremento para la categoría de "Muebles y bienes para el hogar". En la siguiente tabla se especifica el total de importaciones mensuales en 2010 y 2011 (hasta la fecha) para distintos segmentos de productos de consumo:

Tabla 68. Importaciones y exportaciones en EEUU de acuerdo al uso (Millones de US$)

(-) Representa 0 o cantidades incipientes (R) - Revisado

Periodo	Categoría de uso de la mercadería						
	TOTAL	Comidas y bebidas	Industrial	Bienes de capital	Vehiculos	De consumo	Otros
	Importaciones						
2010							
Enero - Diciembre	1,685,851	69,000	430,987	450,859	214,000	461,823	55,357
Enero - Agosto	1,108,690	46,077	287,216	291,240	140,391	303,034	36,500
Enero	130,230	5,687	34,164	33,713	16,301	35,002	4,582
Febrero	133,469	5,682	35,721	34,078	15,652	36,663	4,661
Marzo	137,629	5,742	36,938	34,824	17,302	37,111	4,654
Abril	135,826	5,676	36,118	36,275	16,684	36,013	4,246
Mayo	139,354	5,706	35,316	37,637	18,241	38,046	4,253
Junio	144,108	5,874	36,166	38,059	18,566	40,563	4,776
Julio	142,481	5,870	36,275	37,848	18,472	39,264	4,499
Agosto	145,593	5,841	36,518	38,806	19,173	40,372	4,829
Septiembre	144,948	5,873	36,647	39,890	18,321	39,561	4,572
Octubre	143,501	5,669	35,069	39,283	18,436	40,605	4,770
Noviembre	143,233	5,695	35,254	40,395	18,320	39,156	4,694
Diciembre	145,479	5,685	36,802	40,051	18,531	39,467	4,821
2011							
Enero Agosto	1,187,746	46,750	292,207	335,465	155,243	325,796	36,814
Enero	151,762	5,834	38,671	41,976	20,750	40,062	4,303
Febrero	146,536	5,912	36,293	39,674	18,875	41,856	4,147
Marzo	150,554	5,615	38,488	41,040	20,535	39,943	4,656
Abril	145,919	5,711	35,283	41,627	17,801	41,704	4,788
Mayo	148,761	5,846	36,732	42,819	18,320	40,952	4,594
Junio	147,781	6,071	36,009	42,770	17,757	40,749	5,117
Julio	148,087	5,845	34,996	42,945	20,941	40,697	4,230
Agosto	148,346	5,918	35,736	42,615	20,262	39,834	4,980
Septiembre							
Octubre							
Noviembre							
Diciembre							

Con esto es posible determinar el incremento interanual de las importaciones de bienes de consumo para el total del mercado estadounidense. Para este cálculo se toma en cuenta únicamente el resultado del total para enero a agosto para 2010 y se calcula el porcentaje incrementado hacia el total enero a agosto para 2011. Esto resulta en un incremento interanual de 7.51% en las importaciones de bienes de consumo. Asumiendo que éste aumento se mantiene constante para el

próximo año, se estaría hablando de un total de US$ 350,268 millones para agosto de 2012 en cuanto a las importaciones en la segmentación de bienes de consumo. Sabiendo que la categoría de muebles y bienes para el hogar representa un 4.56% del total de importaciones de bienes de consumo, se tiene que se estima que éstas lleguen a un total de US$ 15,973 millones para agosto de 2012 en esta categoría a total país.

Seguidamente se define que para los primeros años de operaciones se estaría hablando de una participación en el mercado de California y Nueva York únicamente. Por lo tanto, se debe obtener la fracción que representan las importaciones para bienes manufacturados en dichos estados y así determinar una mejor estimación del potencial del mercado que se quiere abarcar. En la siguiente tabla se muestran los resultados del total de las importaciones de bienes manufacturados (categoría a la que pertenecen los muebles y bienes para el hogar) por cada uno de los estados:

Tabla 69. Importaciones de acuerdo a destino (millones de US$)

	Manufacturados			No manufacturads			Total		
Item	Agosto	Año 2011		Agosto	Año 2011		Agosto	Año 2011	
		Total	%		Total	%		Total	%
U.S. Total	**152,027.70**	**1,123,798.80**	**100**	**43,331.20**	**317,854.10**	**100**	**196,711.30**	**1,451,778.60**	**100**
California	27,562.70	194,875.60	**17.3**	4,621.00	32,278.20	10.2	32,183.80	227,153.80	15.6
New York	9,772.30	73,576.20	**6.5**	1,470.90	10,831.80	3.4	11,243.10	84,408.00	5.8

Depurando la fracción que representa cada uno de los dos estados de interés (California y Nueva York) se tiene que en total, éstos dos estados representan un 23.9% en el total de importaciones de bienes manufacturados de todo el país. Considerando la demanda potencial de millones de dólares que se generaría para muebles y bienes para el hogar en 2012, resulta que en ambos estados se estaría generando una demanda potencial de US$ 2,763 millones en California y US$ 1,038 millones en Nueva York, con lo cual se llega a un total de US$ 3,815 millones de dólares dentro del mercado de importaciones de muebles y bienes para el hogar al que se podría estar atacando para el primer año de operaciones. Nótese que la estimación de estos resultados son bastante superficiales dado a que no se toman en cuenta muchos otros factores (como la especificación en la categoría de los muebles específicos que se ofrecen) que influyen ante el comportamiento de las importaciones de este tipo de bienes; sin embargo, es notorio que el potencial del negocio es bastante fuerte como para llevar a cabo la inversión pertinente.

Por otra parte, es necesario considerar la segmentación del mercado objetivo al cual se debe dirigir el producto a ofrecer, es sin duda comprime aún más los resultados dado a que el producto será posicionado en un mercado particular. No obstante, el incentivo de la potencialidad del negocio promueve a una ejecución mercadológica adecuada para asegurar una participación significativa en el mercado.

22.6. Segmentación del mercado

22.6.1. Definición del segmento: Posteriormente se busca segmentar el mercado al cual el producto se venderá, ya que en tiempos modernos difícilmente se logra vender a cualquiera lo que se produce, los productos son definidos para diversos grupos de clientes con distintos grupos. El punto de esto es romper un mercado en masa en grupos de clientes con necesidades en común. Lo recomendable en una buena estrategia según la prensa del Harvard Bussines School es realizarla de forma multifactorial: ver diversas características el cliente para enfocarse de mejor forma en este y lograr una mejor entrada y posicionamiento en el mercado, vital en las estrategias formuladas anteriormente. De igual forma el segmento tiene que ser suficientemente grande, diferenciable y coaccionable para que implementar las estrategias valga la pena. En el caso de los muebles *knockdown* y con la ayuda de estudios similares realizados en Argentina el estudio multifactorial en el mercado objetivo se puede componer de factores que vayan de acuerdo a tendencias actuales como lo son muebles no caros, fácilmente combinables y de diseño estandarizado, estos factores se clasifican en:

- Segmentación del tipo de producto
- Segmentación del precio
- Segmentación por destino y uso del mueble
- Segmentación demográfica y nivel de vida del usuario.

22.6.2. Segmentación del tipo de producto: En las áreas de mayor demanda de muebles de madera tropical ya mencionadas (California, Nueva York, etc.) se cotizan los mercados de acuerdo a los siguientes segmentos:

- Muebles de diseño: estilo clásico europeo, minimalista, contemporáneo o de tipo étnico, este último de gran interés por el tipo de diseño de la mesa *knockdown*

guatemalteca que se quiere comercializar, el estilo se puede diferenciar en los siguientes subsegmentos:

- Coloniales o nativos: hace referencia a toda clase de muebles exóticos de países en desarrollo, que van de lo clásico a lo rústico, de especial necesidad que mantengan su autenticidad de origen para hacer su carácter especial, generalmente con detalles, grabados y maderas raras.
- Estilo clásico europeo: francés e inglés son los más cotizados.
- Diseño moderno: Los de estilos italianos mencionados en la investigación, tienen diseños de vanguardia artísticos y culturales.

- Mueble estandarizado: No tiene un estilo en particular, sin identificar un origen o época de estos.

22.6.3. Segmentación por precio: Se puede determinar como de precio alto, buscando lo exótico de buena manufactura con materiales exóticos; este segmento debe ser atacado no con bajos precios sino con diferenciación, ofreciendo algo nuevo y único y de acuerdo al gusto de los clientes del área mencionada, pequeños pero decorativos, esto es que se vean agradables. Una segmentación más detallada del mercado americano se ve a continuación:

- Precio medio-alto: 20% de volumen pero 40% de valor.
- Precio medio: 40% de mercado y 40% de valor
- Precio medio-bajo: 40% de mercado pero 20% de valor.

El mismo segmento se puede diferenciar en otra dimensión:

- Baja gama: muebles sin diseño diferenciado, operando con grandes volúmenes y bajos costos, alta competencia.
- Alta gama: volúmenes más bajos, no precisamente estandarizado con valor agregado alto y más diferenciable ya sea por diseño o por calidad de manufactura.

22.6.4. Segmentación por destino de uso del mueble: El más fácil de identificar, puede ser de dormitorios, armarios, de cocina, baños, comedores y los llamados “juveniles” como escritorios, donde entraría el producto de estudio.

22.6.5. Segmentación por usuario y nivel de vida: La mayoría ubicados en ingresos bajos y medios consumen varios estilos, particularmente en el mercado americano la moda cambiante y los estilos de vida hace al consumidor impulsivo al tomar su decisión, el sector se divide de la siguiente forma:

- Solteros jóvenes (16-29 años): pasan poco tiempo en sus casas, tienen muebles contemporáneos funcionales de bajo precio, con pequeños escritorios para su computadora o para comer.
- Solteros adultos (20-45 años): por circunstancias particulares en este sector deben asentarse en un nuevo hogar, buscan muebles prácticos, multifuncionales, fáciles de transportar y de última moda.
- Parejas jóvenes (25-40 años): grupo sensible a las modas, buscan estilos clásicos y únicos para mostrar a sus visitas.
- Parejas de mediana edad (40-55 años): mayores consumidores de todos, sus muebles son de alta importancia, buscan seguir las modas.
- Padres adultos (mayores a 65 años): buscan muebles de madera dura o pesados, poco cambiantes y prefieren estilos clásicos, pero abiertos a muebles modernos en los últimos años.

22.6.6. Selección del segmento: Se debe escoger un sector multifactorial, esto es una combinación de cada uno de los distintos tipos de segmentos para formar uno propio, fácil de ubicar y de poner esfuerzo. Para escoger el segmento se debe ajustar tanto al diseño del producto como a que este genere la mayor rentabilidad posible, y que no se encuentre saturado; de acuerdo a esto se analizan las siguientes tablas donde se observan los ingresos, gastos y número de personas:

Tabla 70. Ingreso por edad EEUU

Edad del jefe de hogar	<25	25-34	35-44	45-54	55-64	65+	Total
Número de hogares (miles)	8,737	18,988	24,394	22,691	15,314	21,983	112,108
Personas por hogar	1.9	2.9	3.2	2.7	2.1	1.7	1.9
Media de ingresos (US$)	20,773	49,133	61,532	64,974	53,162	29,711	49,430
Porcentaje de casas en propiedad	15	49	68	76	81	80	66

Fuente: U.S. Bureau of Labour Statistic Consumer Expenditure Survey for 2002

De acuerdo a esto se puede identificar que segmentos unidimensionales se pueden combinar para formar el segmento multifactorial al cual se enfocaran los esfuerzos de las ventas de mesas *knockdown*; se ve que entre mayor edad, mayor ingreso promedio, mayor el gasto y de mejor calidad se espera el producto. Con base a esto se observa un mercado ajustado al producto y con poder adquisitivo definiendo el segmento como: parejas jóvenes de ingreso medio-alto que gusten de un mueble de estilo étnico, visualmente estético. Este segmento se ha escogido para posicionar y vender el producto.

22.7. Posicionamiento del mueble

La colocación del producto forestal guatemalteco debe ser algo que se debe hacer bien desde la primera vez que se coloca en la mente del consumidor americano, ya que reposicionar es caro y además causa gran confusión. Principalmente no se debe buscar competir con los mercados ya posicionados de Italia con su producto moderno de calidad o con China con su producto barato en masa.

La promoción del mueble debe ser pensada de acuerdo al segmento de mercado previamente escogido. El producto de mesas *knockdown* como se ve en la descripción es de alta gama por lo que por sus características únicas, pero estandarizadas se puede posicionar fácilmente y a bajo costo en el segmento de personas ubicadas en un nivel de un ingreso medio-alto; de esto se tienen los siguientes beneficios para el mercado de estos muebles; que se puede extrapolar a cualquier producto forestal nacional para exportación:

- La preferencia del sector al valer menos que la competencia.
- Un menor costo para posicionar.
- Conocimiento del mueble nacional en el extranjero.

El producto debe ser posicionado entonces como “exótico y económico”, el primero por las características de la mesa como madera endémica guatemalteca y diseños propios que resultan nuevos y novedosos, además que por las técnicas de producción se vende a un menor precio y se debe armar en casa, adaptable para gente más joven pero con buen gusto.

Es importante mencionar que este producto tiene algunas características particulares que lo distinguen dentro de su categoría. Se sabe que algunos competidores directos en esta rama poseen problemas en cuanto a la expansión de sus productos debido a la poca practicidad que tienen éstos al momento de ser armados; es decir, muchos muebles del tipo armable que se venden actualmente en el mercado resultan complicados y poco prácticos de armar, además de tener juegos de instrucciones poco entendibles. El mueble que se desea posicionar en este caso es un mueble amigable y práctico para el consumidor, un juego de instrucciones simples y básicas debido a contar con piezas diseñadas para ser ensambladas con un menor esfuerzo y grados bastante bajos de complicación. Coordinando con el proceso productivo, es posible desarrollar productos que sean asociados con la practicidad de su armado manteniendo una estrategia de costos bajos y aun así garantizar una alta calidad.

La calidad del producto deberá ser siempre una prioridad tanto en el proceso de mercadeo como en el proceso productivo, es decir, el producto debe ser visto como un producto duradero por los consumidores y esta característica deberá ser defendida por un proceso productivo que pueda garantizarla. Cabe mencionar que ésta es una de las diferenciaciones que se tiene con los productos que ofrece la competencia por lo que se debe hacer énfasis al momento de promocionarlo generando un concepto que pueda comunicarlo correctamente.

Los muebles armables se caracterizan por ser muebles bastante básicos y modernos. Éstos no cuentan con mayor distinción decorativa que los caracterice como muebles tradicionales que representen elegancia y presencia. Generalmente los muebles elegantes resultan ser importaciones europeas que conlleven un proceso de tallado y decoración; éstos en su mayoría representan costos altos de fabricación e importación que se traduce en precios altos para el consumidor. El producto que se ofrece está caracterizado por tener un estilo bastante elegante. No se busca una simplicidad

que venga atada de lo práctico que resulta el proceso de armado sino que se busca un diseño bastante elegante y distintivo de los muebles tradicionales duraderos que buscan los sectores de nivel medio-alto en Estados Unidos. A pesar de mantener precios menores a la competencia, se cuenta con un enfoque hacia la sofisticación atada a una alta elegancia en nuestros productos. Esto es posible ya que en Centroamérica se cuenta con grandes cantidades de bosques de madera fina y personal capacitado en la carpintería y tallado decorativo. Al simplificar el proceso de producción limitándolo a la confección de las partes de los muebles y al embalaje de éstas junto a los accesorios de armado, se cuenta con menores tiempos de fabricación y menor necesidad mano de obra lo cual puede ser traducido a un menor costo de fabricación y de exportación.

Es importante reconocer que la tendencia de los productos con un enfoque amigable con el ambiente ha incrementado fuertemente en los últimos años y que cada vez más los clientes exigen prácticas responsables en los procesos productivos de los productos que consumen. Es por ello que se hará énfasis en cuanto a una producción responsable de los muebles que se ofrecen. Se incluirán etiquetas que indiquen que la tala de árboles a causa de nuestros productos está siendo compensada por una reforestación y tratamiento de tierras tratando de conservar al máximo los ecosistemas involucrados. Ésta será una de las características distintivas de los productos que se ofrecen en el segmento que se está atacando. Además de ofrecer una responsabilidad ambiental, se esperaría que con el tiempo, la empresa sea vista como una empresa que se preocupa por el bienestar social y que se pueda identificar como productores sostenibles en la comunidad. De esta forma se ve la unión entre las actividades de mercado, conservación e institucional forestal en una venta de productos ecológicos aprobados por instituciones locales.

22.8. Estudio de planta de fábrica de escritorios tallados

22.8.1. Descripción del producto:

La fábrica de escritorios de alto valor agregado cuenta con área operativa, áreas de recepción y despacho de producto, áreas de ventas, administrativas y de recreación. Los escritorios de madera tienen un acabado en la parte superior de la tabla tallado con una máquina de "tallado de alta velocidad" que producirá productos de la madera con valor agregado. Estos escritorios serán productos para exportación.

El proyecto cubre una necesidad social guatemalteca por tener el país un potencial forestal. La madera se utiliza en leña y, de lo poco que es comercializado, se producen productos de bajo valor agregado. De los pocos muebles que se producen, la minoría se exporta. Además, como se

pudo observar en las visitas de campo a ciertos aserraderos, los procesos en estas fábricas son ineficientes y utilizan maquinaria obsoleta y poca tecnología en el talle del diseño. Por otra parte, se produce madera aserrada que se exporta sin tratamiento químico, luego recibe el tratamiento en otros países y finalmente regresa a Guatemala como muebles costosos.

El estudio de viabilidad de perfil deberá considerar los posibles aranceles, impuestos y cambios político/legales en los próximos 20 años, que es el tiempo mínimo estimado del proyecto. Este tiempo es el considerado mínimo por ser el tiempo en el que puede madurar un bosque y brindar el rendimiento esperado. En el estudio de mercado se buscará confirmar que la demanda guatemalteca no es suficiente y encontrar nichos de mercado donde se pueda vender los escritorios producidos

22.8.2. Ubicación de la planta: La planta se encuentra ubicada en Cobán por ser éste el lugar óptimo en cuanto a la accesibilidad con materia prima de alta calidad. De acuerdo a una conversación con un Ingeniero de la Universidad del Valle, se determinaron cuatro factores que son determinantes en la toma de decisión de localización de una planta de muebles *knockdown* en Guatemala:

- Clima cálido
- Madera certificada
- Materia prima (cercanía y calidad)
- Cercanía a mercado (Samayoa, 2011)

El clima cálido es un factor por el que muchos empresarios se han ido a Zacapa a instalar sus plantas. Sin embargo, el Ingeniero Samayoa menciona que la planta de productos de madera no debería estar localizada en Zacapa. Contrario a la creencia popular, el secadero artificial sí resulta beneficioso tanto en la factibilidad económica como en el control de temperaturas y humedades deseadas. La opinión de expertos sugiera que también existe la opción de trabajar en Petén por estar cerca de la materia prima certificada. (Samayoa, 2011)

En Petén existe la ventaja de tener madera certificada, lo que facilita el ingreso a mercados de alto nivel y exigencias como lo es el europeo. Esta madera cumple con los requisitos de esos mercados y solamente es cuestión de hace el trámite legal para comerciar hacia esa zona. (Samayoa, 2011)

La materia prima en Cobán es de alta calidad y tiene una ventaja adicional: existen especies de pino que solamente se dan en Guatemala. Si bien no es madera certificada, se considera que por la poca oferta que existe de estas especies y porque los mercados no están muy familiarizados con éstas, se pueden mover a buen precio en los mercados de Centroamérica, México y Estados Unidos. Eventualmente, se puede ingresar a Europa con las certificaciones correspondientes. (Samayoa, 2011)

La cercanía al mercado es un factor adicional puesto que el transporte siempre es una cuestión de costos. De cualquier forma, se debe transportar la madera ya sea del bosque a la planta o de la planta al puerto de embarque. La única forma de eliminar esto sería tener el bosque, la planta procesadora y el puerto en el mismo lugar, pero esto no es posible. La ventaja del transporte del producto terminado (de la fábrica hacia el puerto) sobre el transporte de materia prima (del bosque a la fábrica) es la cantidad de agua que contiene. A mayor cantidad de agua, mayor peso y, por consiguiente, mayor desgaste de vehículos y mayor costo. (Samayoa, 2011)

Para considerar estos cuatro factores y comparar objetivamente las tres opciones de localización de la planta de muebles knockdown, se procede a ponderar la importancia de éstos en común acuerdo. Estos pesos deben sumar 1. A continuación se procede a calificar de 1-10 (siendo 1 la peor calificación y 10 la mejor) a cada opción de localización para cada factor. Se hace la suma-producto para cada Opción y el que tenga la mejor calificación será la decisión que se tomará.

Considerando que el secado artificial provee una ventaja sobre el secado natural a un costo accesible, se ponderó el factor 1 como el menos importante (5%), puesto que el clima cálido y seco y sus ventajas son solamente un mito. Se considera también que en Cobán se obtienen las especies de pino que son exclusivas de Guatemala. Dado que en el mercadeo lo importante es tener un producto novedoso que llame la atención de los potenciales compradores en el segmento deseado, se le otorgó la ponderación más alta (50%). La certificación de la madera y la cercanía a los mercados resultaron con calificaciones muy similares y quedaron con un 20% y 25%, respectivamente.

A continuación, se evaluó cada opción de localización con cada uno de los factores. La principal ventaja de Cobán es su alta calidad de productos exclusivos de Guatemala que se comerciarían a un alto volumen en mercados extranjeros. La principal ventaja de la tradicional Zacapa es su clima cálido que permite el secado sin utilización de maquinaria de secado, lo cual evita costos de compra de maquinaria. La ventaja de Petén fue su fuente de madera certificada que

provee un paso adelantado en el ingreso a mercados europeos que solicitan materia prima certificada.

Se realizó la tabla que quedó como se muestra a continuación:

Tabla 71. Ponderación de factores para decisión de localización

FACTOR	PESO	COBÁN		ZACAPA		PETÉN	
		CALIF.	PONDER.	CALIF.	PONDER.	CALIF.	PONDER.
1	0,05	4	0,2	9	0,45	7	0,35
2	0,2	6	1,2	5	1	9	1,8
3	0,5	9	4,5	3	1,5	6	3
4	0,25	6	1,5	6	1,5	6	1,5
TOTALES	1		**7,4**		4,45		6,65

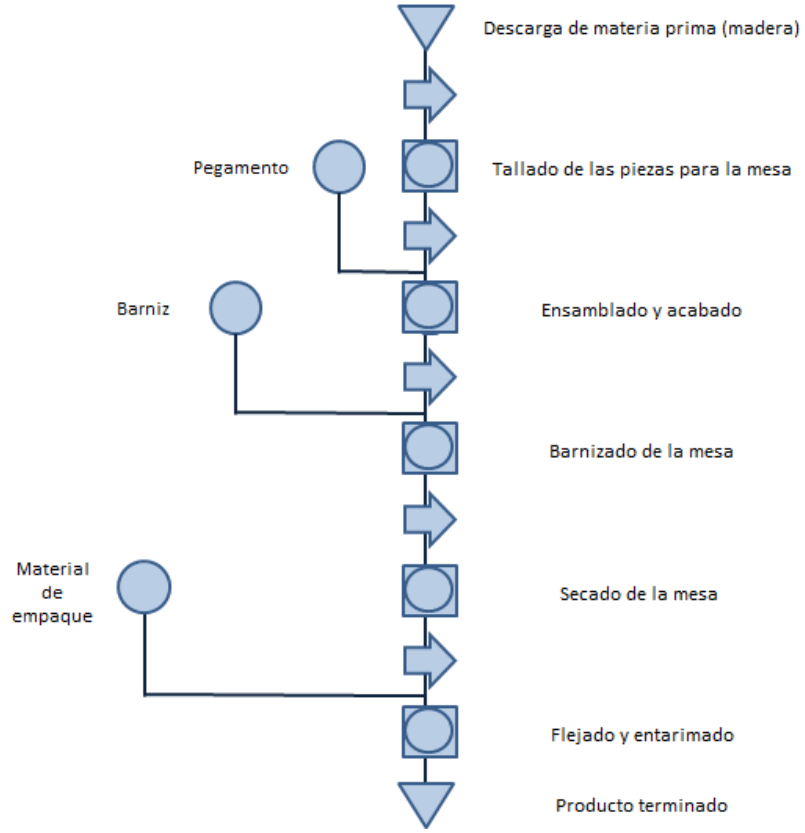
Como se observa en la tabla anterior, por un método objetivo y cuantitativo, la decisión de localización de la planta es en Cobán, Alta Verapaz. Se aprovecha en este lugar las especies de pino exclusivamente guatemaltecas que dan ventaja en mercados extranjeros. También se escoge porque no tiene mayor efecto el clima cálido si se instala un sistema de secado artificial cuyo costo será justificado con un mayor volumen de producción, mayores ventas, secado más homogéneo y futura certificación.

22.9. Descripción del proceso

1. Recepción de materia prima en la bodega.
2. Las piezas pasan a la máquina CNC para recibir el tallado.
3. Preensamblado y acabados de las partes.
4. Se barnizan las partes del escritorio.
5. Se secan las partes con secado artificial.
6. Se procede al empaque de las partes, flejado y entarimado.
7. Las tarimas con producto final se llevan a la bodega de productos terminados para esperar su despacho.

Este proceso se muestra en el siguiente DOP:

Figura 148. DOP de la fábrica de escritorios tallados



22.10. Instalaciones de la planta

22.10.1. General: La construcción y el diseño de la planta tienen una gran importancia, dado que un buen diseño llega a simplificar las tareas de desinfección e higiene de la planta, es decir, el mantenimiento de ésta se ve influenciado por su diseño, lo cual llega a disminuir el peligro de contaminación hacia lo producido, rebaja costos de producción y costos de mantenimiento.

Se deben tomar ciertas medidas para proteger la planta de contaminación, a lo cual se debe de tomar el cuidado necesario en los alrededores de ésta y en su interior. Por lo tanto se debe retirar desperdicios de los alrededores. También se debe mantener los caminos limpios de cualquier suciedad, los camiones que ingresen a la planta, la jardinización, los estacionamientos y suelos de la planta.

El área administrativa de la planta, donde se tienen las oficinas gerenciales, la sala de juntas, la gerencia general, las salas de ventas, sala de capacitación, consejería, informática y las

oficinas administrativas deberán estar construidas con materiales y terminados de alta calidad, dado que en esta área es donde se recibirán a las visitas y a las personas interesadas del producto.

En el caso del área operativa de la planta se utilizan los siguientes materiales para su construcción:

- En el área de maquinarias se utiliza un piso de concreto.
- Para evitar el deterioro por contacto con químicos y emanaciones de la madera para los pisos de concreto se utilizan recubrimientos especializados.
- Al piso industrial, se le pintarán las franjas de señalamiento de la planta, dado que por seguridad industrial se deben de colocar para que todo el personal que labore en ella esté al tanto de la seguridad.

Para el caso de la planta, del área operativa se estará utilizando una estructura a dos aguas, la cual contará con columnas de acero y concreto reforzado. En el caso del techo se utiliza lámina termoacústica. Esta lámina tiende a reducir los efectos que el calor y el ruido provocan en el ambiente interior de una edificación. Este tipo de lámina está formada por siete capas las cuales protegen adecuadamente a la edificación.

También se contará con un área recreativa la cual consta de un campo de grama artificial para papi-futbol, y mesas de *tennis de mesa* para las personas que no deseen jugar al fútbol. Acompañado de la cafetería para que los empleados puedan tomar de un refrigerio y comer durante su hora de descanso. El área recreativa también funciona como área verde, requisito que se piden en algunas municipalidades del país.

La ventilación de la planta es de suma importancia para poder laborar en ella, dado que con ella se evita la fatiga de los operarios, por lo que se implementarán equipos de extracción de aire, todo esto para poder minimizar riesgos por inhalación de partículas. La inhalación constante de partículas de madera es un riesgo de seguridad industrial y se evitará con lo mencionado anteriormente.

Para el área administrativa se contaran con tomacorrientes que estarán ubicados a 60 cm del suelo, para poder facilitar el uso de estos. En el área operativa, solamente se contará con los tomacorrientes correspondientes a cada máquina que estarán empalmados.

La recepción de la materia prima está ubicada a un extremo de la planta, en ella se recibirá la madera, la cual más adelante será procesada en la planta. Esta facilitará el acceso de los vehículos para su rápida descarga.

La planta también cuenta con *lockers* para los hombres y mujeres que laboren en la planta, en ellos pueden guardar sus objetos personales y en este sitio es donde se empezarán a preparar para poder laborar en la planta.

22.10.2. Instalaciones eléctricas: Se solicitará a la EEGSA una medición para 480V/277V la cual se instalará en poste desde la cual se instalarán dos tuberías de 4" HG hacia cuarto de energía donde se instalará un transformador tipo Padmount con capacidad de 750 KVA, con principal en 13.2 KV y secundario en 480V/277V. Del transformador se cableará con cable 500 MCM hacia Transferencia automática con capacidad de 2500 Amperios y de ésta hacia breaker principal de 3x2500 Amperios y hacia Motogenerador trifásico con capacidad de 750 KW. Del breaker principal se alimentará un tablero principal con barras para 2500 Amperios en 480V para la maquinaria industrial y un transformador Padmount tipo seco de 112.5 KVA con primario en 480V y secundario en 208V/120V de donde se alimentará un tablero principal trifásico 208V/120V para alimentación de tableros de servicios. Todo este circuito está protegido en el breaker principal por un Supresor de Transientes trifásico con capacidad de 2000 Amperios. De los tableros monofásicos de servicios se alimentarán los circuitos de Fuerza e Iluminación. Para mayor detalle, ver el Diagrama Unifilar en Anexos.

La planta tiene tomacorrientes en todos sus ambientes a una altura de 0.30 metros. Además, en el área de cocina se cuenta también con tomacorrientes a 1.20 metros y tomacorrientes especiales para refrigerador, congelador, horno microondas y estufa. Todos estos, con excepción del último están a 120V. La maquinaria industrial tiene tomacorrientes 400V polarizados anclados y empalmados al piso. (Amado, 2011)

22.10.3. Mantenimiento de las máquinas: Se les brindará un mantenimiento periódico para evitar paros por mantenimiento no planeado que retrasarían la producción. En este aspecto, se tomará en cuenta el concepto SMED (single-minute Exchange of dies) que significa que los cambios en las máquinas o inicios de procesos no deben tomar más de diez minutos. Se clasifican los ajustes en internos y externos. Los externos son los que se pueden realizar mientras la máquina opera y los internos solamente se pueden llevar a cabo cuando la máquina está detenida. Luego se trata de convertir la mayor cantidad de actividades internas en externas y es hasta este

punto en que se comienzan a mejorar los tiempos y optimizar procesos. Se reducen al mínimo los ajustes y se tiene una planta más eficiente.

22.10.4. Laboratorio de pruebas: El proceso de producción debe pasar por constante control de calidad para verificar que el producto esté en óptimas condiciones. De lo contrario, no se alcanzará el estándar requerido en mercados internacionales y el producto sería rechazado.

22.10.5. Necesidades del personal y servicios: El personal de la planta necesita servicios sanitarios los cuales se encuentran debidamente distribuidos. Las áreas de garita y cuarto de guardián cuentan con sus servicios sanitarios propios. El área de oficinas tiene servicios sanitarios separados de los del área operativa. En el área operativa se cuenta también con las facilidades de lockers y duchas para comodidad y, además, sanidad del proceso.

Las oficinas cuentan con sus respectivos escritorios, amueblado, iluminación, computadora, instalaciones eléctricas y servicios de red. Todo esto con el objetivo de mantener una adecuada y eficiente administración de todo el proceso.

22.10.6. Bodega de suministros: Se almacenará, teniendo en cuenta las 5 S's (Clasificar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar y Sostener) equipo de reparaciones, repuestos, equipo de seguridad de adicionales, empaques de variedad de tamaños y herramientas.

22.10.7. Techos: La planta tendrá dos tipos de techos. En el bodegón del área operativa se tiene techo a dos aguas con lámina. En el resto de las áreas se tiene techo de loza de concreto tradicional.

22.10.8. Iluminación: En el área operativa se contará con lámparas de techo tipo incandescente que proveerán la iluminación adecuada para un ambiente agradable y eficiente de trabajo. En el área administrativa, de oficinas, comedor y garitas de seguridad se cuenta con lámparas de tubo fluorescente. El área de parqueos y la cancha de futbol cuentan con lámparas exteriores ubicadas en poste para garantizar la adecuada iluminación en la circulación de vehículos. El área de recepción cuenta con ojos de buey para dar un ambiente más agradable a los clientes o personas que visiten la planta. En la parte exterior de la planta y en el área de circulación de camiones se tienen reflectores de 2x100 Watts con propósitos de seguridad y control.

Los interruptores instalados en la planta pueden ser sencillos, dobles o triples. En el área de cafetería se instalaron los interruptores adentro de la cocina y éstos controlarán tanto la iluminación de cocina y comedor como los servicios sanitarios (para evitar que cualquier persona pueda estar apagando las luces). En el área de recepción se tienen interruptores triples que servirán para encender la iluminación de los pasillos de las oficinas, las áreas recreativas y deportivas. Adicionalmente, cada oficina tiene su interruptor para su iluminación propia. Las áreas de garita controlan su iluminación así como la iluminación exterior. La maquinaria industrial se enciende con dos interruptores ubicados dentro del área operativa y serán accionados únicamente por personal autorizado.

22.10.9. Aguas (hidráulicas): El subsuelo de la región es rico en fuentes de agua naturales por lo que las necesidades de la empresa se pueden satisfacer con este recurso. Para obtener el agua, se utiliza una bomba de pozo profundo vertical con válvula sumergible conectada de modo que bombea según los requerimientos de la cisterna. Ésta posee un sensor electrónico de presión que indica cuando el agua llega a un nivel crítico lo que activa la bomba haciendo llegar la cisterna al nivel mínimo para luego detenerse. Esta agua pasa a la cisterna subterránea con capacidad de 200 metros cúbicos. La cisterna tiene una tapadera de cloración especial la cual mantiene el agua apta para consumo.

22.10.10. Aguas negras y aguas pluviales: Las aguas negras de la planta se extraen de todos los servicios sanitarios, de la cocina y duchas para luego ser llevada a un tratamiento final de agua. Luego de este tratamiento, se vierte en la tubería municipal para su adecuado desecho.

Las aguas pluviales consisten en canaletas que corren a ambos lados de cada edificio de la planta, entiéndase el bodegón donde se lleva a cabo el proceso (techo en lámina a dos aguas) y en las lozas de toda el área administrativa, comedor y garitas de control. Éstas tienen un desnivel del 1% y al final de cada canaleta (es decir, en su punto más bajo) se tiene una bajada de aguas.

22.11. Anticipación a problemáticas potenciales

Como parte del estudio de la construcción de esta planta, se toman en cuenta escenarios en las que algunos de los elementos críticos para el funcionamiento de la planta fallan. En el caso que el suministro de agua municipal falle, la cisterna tiene suficiente capacidad de “colchón” para mantener las necesidades de la planta.

Si llegase a faltar la energía eléctrica comercial (cosa que no es rara en la región que está situada la planta) la planta completa se quedaría sin energía, resultando así en pérdidas significativas de dinero. Para evitar esta situación, se acudió a una empresa de instalaciones eléctricas que aconsejó instalar un MotoGenerador que abastezca a la planta en caso que se dé dicho evento. El funcionamiento de éste está ligado a una transferencia automática que, al momento de detectar la falta de energía comercial, hace el cambio automáticamente y manda la señal de encendido a la planta eléctrica para tener un mínimo de discontinuidad en flujo eléctrico.

Si la materia prima no llega a tiempo, se tiene un inventario de seguridad que permite continuar con el proceso sin problema mientras se averigua la situación con los proveedores. Todas estas consideraciones están sujetas a fuerzas mayores como destrucción mayor en el caso de terremoto, huracán, tsunami o cualquier otra fuerza destructiva de la naturaleza. Para este tipo de eventos no existe mayor previsión posible más que fortaleza financiera para soportar la crisis.

22.12. Bodega de madera y productos terminados

Esta bodega tiene capacidad para albergar la materia prima necesaria para la producción de dos días. Esto permite mantener costos de inventarios bajos sin sacrificar la capacidad de respuesta ante un retraso de los proveedores. Se tiene abastecimiento diario de materia prima. En caso falle, se tiene un inventario de seguridad para no detener la planta. Adicionalmente, se cuenta con la bodega de producto terminado. Ambas bodegas cuentan con chequeos de entrada y salida de material que lleva un control de lo que ingresa y lo que egresa.

22.13. Empleados

La empresa cuenta con los siguientes puestos para la operación óptima de ésta en puntos de seguridad, operativos y administrativos.

- 10 operarios de máquinas en área operativa
- 1 bodeguero
- 1 supervisor
- 1 encargado de mantenimiento y limpieza general
- 2 guardianes de garita
- 1 recepcionista
- 2 vendedores
- 1 encargado de capacitación

- 1 secretaria de recursos humanos
- 1 gerente de operaciones
- 1 gerente general
- 1 contador

Toda la mano de obra de la planta tiene, además de los costos directos pagados mensualmente, pasivos laborales. Se incluyen en estos aguinaldo, bono 14, pasivo laboral, IRTRA, IGSS, INTECAP y capacitación. El total de estas prestaciones es del 45.99% y se deben tomar en cuenta para el costo de la mano de obra. Los detalles de los costos por operarios y el resumen del costo de la mano de obra se pueden encontrar en Anexos.

22.14. Planos

En Anexos, se pueden encontrar siete planos de la fábrica de escritorios tallados. Estos son:

- Diagrama Unifiliar (instalaciones eléctricas)
- Acabados
- Conjunto
- Distribución
- Elevaciones y secciones
- Iluminación
- Techos.

23. ASPECTOS A TOMAR EN CUENTA PARA MONTARUN NEGOCIO FORESTAL

23.1.Georeferenciar

Según Mazzanti (2008), una georeferenciaciónideal, es una descripción numérica de un lugar que puede ser mapeado y que describe la extensión espacial de la localidad y su incertidumbre asociada, de la mejor forma posible.Se refiere al proceso mediante el cual se ubica un territorio específico, representado en un papel mediante puntos o líneas. Es posicionar el área en la que se desea trabajar, es simplemente obtener un mapa detallado del territorio en el cual la persona desea sembrar, cortar árboles o realizar otro tipo de actividad relacionada.

23.1.1. Métodos de georeferenciación.

Existen varios métodos de georeferenciación, cada uno de ellos es aplicable en diferentes actividades y su aplicación tiene diversas ventajas y desventajas que se mencionan a continuación. Los cuatro métodos principales que se utilizan son:

23.1.1.1. Método punto.

Éste es el método más fácil de producir, sin embargo no tiene calidad en los datos y no se puede apreciar bien lo que se desea representar en el mapa. Este método incluye un punto en el mapa y las coordenadas escritas en algún lado del mismo.

Figura 149: Método punto

Fuente: Google Earth, Elaboración propia, 2011.

23.1.1.2. Método limitado por un rectángulo. Se utiliza para consultas espaciales simples, tiene mejor calidad a comparación del anterior. Sin embargo su evaluación es muy complicada, porque no posee muchos detalles.

Figura 150: Método limitado por un rectángulo

Fuente: Google Earth, Elaboración propia, 2011.

23.1.1.3. Método punto-radio. Esta forma de mapa tiene una fácil evaluación de calidad sin embargo las consultas espaciales se vuelven muy difíciles.

Figura 151: Método punto-radio

Fuente: Google Earth, Elaboración propia, 2011.

23.1.1.4. Método forma. Esta es la representación más completa y compleja de georeferenciar debido a que es de fácil ubicación y calidad.

Figura 152: Método forma

Fuente: Google Earth, Elaboración propia, 2011.

23.1.2. Principios básicos para georeferenciar. Además de las formas de mapear, se cuentan con ciertos principios básicos para las mejores prácticas en georeferenciación.

23.1.2.1. Precisión. Es una medida de que tan bien los datos representan valores reales, se refiere a la calidad del metadato y a la metodología que se emplea para obtener la georeferenciación de una localidad.

23.1.2.2. Eficacia.Es la probabilidad de que un programa de trabajo logre los objetivos deseados, se refiere a la frecuencia con la que se actualizan los nomencladores, o cuando los registros son georeferenciados y se ponen a disposición de los demás.

23.1.2.3. Eficiencia. Es la relación del resultado con los insumos, en otras palabras es la cantidad de esfuerzo que se necesita para producir un resultado aceptable, o la cantidad de datos de entrada que el usuario tiene que obtener para producir un resultado aceptable.

23.1.2.4. Confiabilidad.Este aspecto está relacionado con la exactitud y es la coherencia de los resultados que se producen o repetibilidad con la que una georeferenciación puede producirse para la misma localidad.

23.1.2.5. Accesibilidad.Es la facilidad con la que los usuarios o instituciones pueden acceder a la información de la localidad georeferenciada.

23.1.2.6. Transparencia.Es detallar los procedimientos de obtención, análisis, presentación de informes y actualización, es la calidad de los metadatos y metodología mediante la que se obtuvo la georeferenciación de una localidad.

23.1.2.7. Oportunidad.Es la frecuencia de actualización de nomencladores o datos, cuando, es la presentación de informes, actualizaciones o cuando los registros son georeferenciados y se ponen a disposición de los demás.

23.1.2.8. Pertinencia.Es el formato de salida, los datos que se han obtenido deben satisfacer las necesidades del usuario, debe cumplir con el principio de aptitud para el uso.

23.1.3. Aspectos principales para georeferenciar.Según Mazzanti (2008), se recomienda que un documento que cumpla con las mejores prácticas mencionadas anteriormente tenga los siguientes aspectos principales.

- ✓ Alinear la visión, misión y planes estratégicos con las políticas y procedimientos de la institución a la que se le presentará la georeferenciación.
- ✓ Utilizar un método estándar de escritura para los documentos a presentar.
- ✓ Satisfacer las normas de la industria.
- ✓ Satisfacer los controles de los auditores externos e internos de gestión.

23.1.4. Puntos importantes para georeferenciar.

Después de analizar todos los aspectos anteriores el usuario puede preguntarse cuál es el fin o importancia de ser tan cuidadoso al georeferenciar, es por ello que a continuación, se detalla la importancia de ciertos puntos específicos. (Mazzanti, 2008)

23.1.4.1. Registrar una buena localidad.

Es importante tomar en cuenta que al registrar una buena localidad se hace más sencilla la interpretación y se obtiene una georeferenciación de mejor calidad. Se debe utilizar puntos de referencia fáciles de encontrar en un mapa. Además es recomendable evitar la utilización de palabras que no sean claras como por ejemplo "cerca", "al norte de", o "en medio de", etc. se debe indicar el nombre del lugar indicado y entre paréntesis especificar si es un lago, río, departamento, carretera, etc.

23.1.4.2. Registro de localidades.

Se debe realizar una descripción de la localidad con coordenadas geográficas, dicha localidad debe ser completa, explícita, específica y exacta para evitar incertidumbre en su interpretación. Los puntos de referencia utilizados en la descripción de una localidad deben ser estables, es decir lugares que seguirán estando tiempo después de los trámites a realizar y no lugares que serán temporales para poder ubicar la referencia. Al registrar lugares a lo largo de una ruta se debe registrar si las distancias fueron medidas a lo largo del camino (por carretera) o como una línea directa desde el origen (por vía aérea).

23.1.4.3. Registrar coordenadas.

Es mejor realizar una medición en grados decimales con cinco decimales en vez de una medida en grados, minutos y segundos; y si se desea usar esta última se debe hacer en grados y minutos decimales con tres decimales. Si se leen coordenadas de un mapa se debe utilizar el mismo sistema de coordenadas del mapa.

23.2. Verificar ubicación.

Para verificar la ubicación del terreno en el cual se desea trabajar es necesario identificar y definir qué es el bosque y que tipos de bosques hay. El bosque según el INAB (2010), es un conjunto de árboles en asociación con arbustos, hierbas, suelo y agua. El bosque es importante porque modera el clima, ayuda a proteger las fuentes de agua, proporciona vivienda y alimento a la fauna silvestre. Además ofrece recreación, produce oxígeno y protege los suelos. Existen dos clases de bosques por su origen: el natural y el plantado.

- ✓ Bosque natural: es el que se ha formado sin que el hombre intervenga, en un bosque natural se puede observar que los árboles no siguen un orden específico.

- ✓ Bosque plantado: es el que ha sido plantado por el hombre, se puede distinguir del natural porque los árboles se ven ordenados y alineados. En este bosque solo se planta una misma especie de árboles y generalmente son del mismo tamaño.

Después de tener los mapas del territorio en el cual se desea trabajar, es necesario identificar si el terreno está dentro o fuera de un área protegida. Esto se debe hacer porque los trámites son diferentes para cualquiera de las dos opciones. En esta fase se determina principalmente cuales son los siguientes pasos a seguir.

23.2.1. Área protegida. Dudley (2008), define a las áreas protegidas como un espacio geográfico que sea reconocido, claramente definido y gestionado por medios legales y otros medios eficaces para lograr la conservación de la naturaleza, de sus servicios eco sistémicos y sus valores culturales a largo plazo.

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD) define un área protegida como el área geográficamente definida, designada, regulada y gestionada para lograr objetivos de conservación.

Según el CONAP (2011), las áreas protegidas son las que tienen por objeto la conservación, el manejo racional y la restauración de la flora y fauna silvestre, recursos conexos y sus interacciones naturales y culturales, que tengan alta significación por su función o sus valores genéricos, históricos, escénicos, recreativos, arqueológicos y protectores; para preservar el estado natural de las comunidades bióticas, de los fenómenos geomorfológicos únicos, de las fuentes y suministros de agua, de las cuencas críticas de los ríos, de las zonas protectoras de los suelos agrícolas, de tal modo de mantener opciones de desarrollo sostenible.

Con las tres definiciones de Área Protegida analizadas en los párrafos anteriores, es más fácil formar una definición propia y concluir que un área protegida es un territorio que por alguna ley o regulación específica ha quedado destinada a la conservación. Según el CONAP en el año 2010, existían en Guatemala 243 áreas protegidas registradas que ocupan 3, 493,939 ha., lo cual

es equivalente al 32.9% del territorio nacional. Las áreas protegidas buscan la conservación y sus interacciones naturales y culturales con lo cual se contribuye al desarrollo sostenible del país.

En Guatemala se puede decir que hay una clasificación especial de áreas protegidas que incluye parques nacionales, reservas biológicas, biotopos, reservas de la biósfera, áreas de uso múltiple, manantiales, reservas forestales, refugios de vida silvestre, monumentos naturales, monumentos culturales, rutas y vías escénicas, parques históricos, parques regionales, áreas recreativas naturales y reservas naturales privadas. A continuación se definen las principales categorías de áreas protegidas.

23.2.1.1. Clases de áreas protegidas

23.2.1.1.1. Áreas estrictamente protegidas

23.2.1.1.1.1. Reservas naturales estrictas o áreas de vida silvestre.

Estas son áreas que tienen ciertas especies de flora y fauna que son importantes en el ámbito científico o representan un área natural; poseen algunos ecosistemas o biotipos frágiles, zonas que tienen importancia en su diversidad biológica o geológica o en la conservación de recursos genéticos. (CONABIO, 2010)

Estas áreas protegidas son manejadas principalmente para la protección de la vida silvestre o para fines científicos, es por ello que generalmente no se permite el ingreso del público y se deja que los procesos naturales sigan su curso, no hay interferencia humana directa y no se permite ni el turismo ni recreación en estas áreas. (CONABIO, 2010)

Es importante tomar en cuenta que entre los procesos ecológicos mencionados anteriormente se encuentran los actos naturales que puedan llegar a tener un efecto en el sistema ecológico, así como los rasgos fisiográficos como los incendios espontáneos, las enfermedades o insectos, la sucesión natural, tormentas, terremotos o fenómenos naturales similares a estos, teniendo en cuenta que se excluye cualquier alteración que sea provocada por el hombre. (CONABIO, 2010)

Figura 153: Reserva natural de la Biosfera Maya

Fuente: http://www.skyscrapercity.com/

23.2.1.1.1.2. Parques nacionales.Según el CONABIO (2010), son áreas relativamente extensas, esencialmente intocadas por la actividad humana, las cuales tienen ciertas representaciones de regiones naturales, características o paisajes, en las que la flora, fauna, sitios geomorfológicos y habitantes tienen un interés recreativo, educativo y científico. Los procesos ecológicos y evolutivos que en ellas se llevan a cabo siguen su curso espontáneo con un mínimo de interferencia. Son áreas protegidas manejadas principalmente con el fin de mantener la protección del ecosistema y la recreación.

Estos procesos pueden incluir algunos acontecimientos que alteran los ecosistemas tales como los incendios debidos a causas naturales, brotes de plagas o enfermedades, tempestades y otros; pero excluyen necesariamente los disturbios de cualquier índole causados por el hombre.

El plan de manejo aplicado al área y a su uso por parte de los visitantes se desarrolla para mantenerla en un estado natural o seminatural. En estas áreas está prohibido cortar, extraer o destruir cualquier espécimen de flora silvestre excepto por motivos técnicos de manejo que sean necesarios para asegurar su conservación.

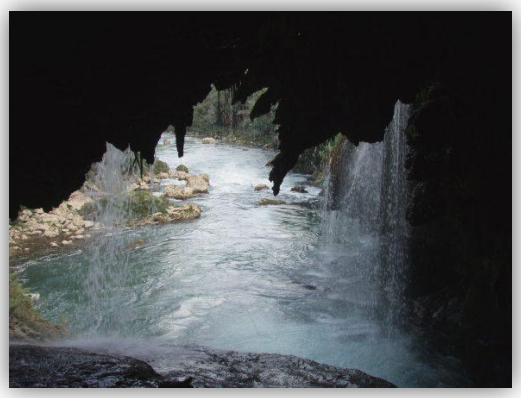
Figura 154: Parque Nacional de Tikal

Fuente: http://www.venelogia.com

23.2.1.1.2. Áreas protegidas con manejo integrado

23.2.1.1.2.1. Monumentos naturales.Son áreas que generalmente contienen pocos rasgos naturales sobresalientes, vestigios arqueológicos, históricos y otros rasgos de importancia nacional e internacional y no contienen necesariamente un ecosistema completo. Son áreas que deben ser manejadas de tal forma que permanezcan con cierta libertad de intervención humana, pero pueden tener un valor turístico o recreativo, son manejadas para la conservación de ciertas características naturales de sobresaliente interés nacional y es importante tener un cuidado especial en ellas por su singularidad o rareza. En estas áreas no tiene mucha importancia el tamaño de las mismas. (CONABIO, 2010)

Figura 155: Cueva del SemucChampey



Fuente:http://www.venelogia.com

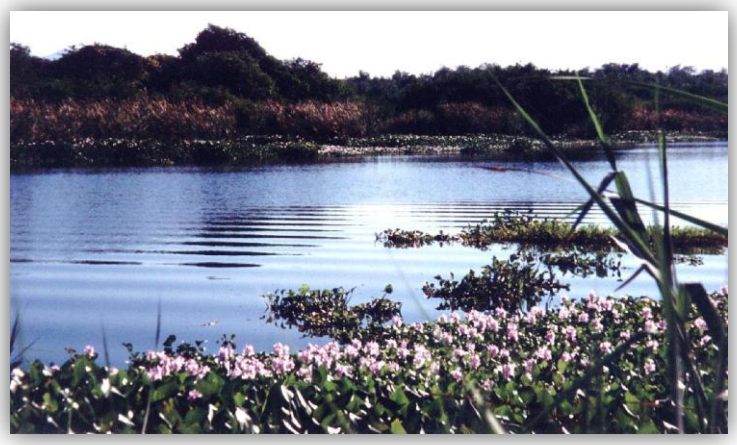
23.2.1.1.2.2. Áreas de manejo de especies o hábitats. Son zonas en las cuales existen colonias de pájaros, lagos, estuarios, hábitats de bosques o de praderas naturales, y zonas de desove de peces o praderas marinas, estas áreas están protegidas mediante el ordenamiento dirigido principalmente a su conservación. La producción de recursos renovables cosechables no necesariamente ocupa un lugar principal en el manejo de la zona. Puede que sea de importancia realizar una manipulación del hábitat de ésta área por ejemplo la siega de pasto, pastoreo de bovinos y ovejas, etc. (CONABIO, 2010)

Figura 156: Biotopo del Quetzal

Fuente: http://www.guatemala-tours.com

23.2.1.1.2.3. Paisaje terrestre y marino protegido.En esta categoría se encuentran las áreas protegidas que son manejadas principalmente para la conservación de paisajes o marinos y para su uso recreativo entre los que se pueden mencionar los paisajes que tienen características estéticas especiales, como resultado de la interacción del hombre con el agua o con la tierra, o de las prácticas tradicionales que están ligadas a la agricultura como el pastoreo y la pesca. También incluye las áreas estrictamente naturales como las costas, playas de lagos o ríos, terrenos montañosos o colinados que son manejados intensivamente por el hombre para la recreación o el turismo. (CONABIO, 2010)

Figura 157: Reserva natural de usos múltiples Monterrico



Fuente: http://www.natureserve.org

23.2.1.1.2.4. Área de protección con manejo del recurso. Son aquellas áreas extensas y que son relativamente aisladas o deshabilitadas y de acceso limitado o difícil manejadas con miras al uso sostenible de ecosistemas naturales. También se encuentran en esta división aquellas regiones escasamente pobladas, pero que sufren una gran presión por razones de mayor utilización o de colonización. (CONABIO, 2010)

Figura 158: Parque nacional Laguna Lachúa

Fuente: http://viajeaguatemala.com/

En Guatemala según el CONAP y a través de la convención RAMSAR, se han declarado siete humedales que forman parte de la lista de humedales de importancia internacional.

Tabla 72: Humedales de Guatemala

NOMBRE	UBICACIÓN	HECTÁREAS
Parque Nacional Laguna del Tigre	Petén	335,000
Parque Nacional Laguna Lachúa	Alta Verapaz	53,523
Parque Nacional Yaxhá-Nakum-Naranjo	Petén	37,160
Área de protección especial Manchón Guamuchal	Retalhuleu	13,500
Refugio de vida silvestre Bocas de Polochic	Izabal	21,227
Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique	Izabal	132,900
Área de usos múltiples río Sarstún	Izabal	35,202

Fuente: http://www.conap.gob.gt, 2011

23.2.2. Fuera de área protegida.Son aquellas áreas que no se encuentran en ninguna de la clasificación de Áreas Protegidas.

23.3. Establecimiento legal de la empresa.

La propiedad de la tierra se debe registrar por superficie de bosque en su totalidad o por bosque natural y plantaciones. Según el Programa de Evaluación de Recursos Forestales, existen diversos tipos de tenencia de la tierra.

Tabla 73: Establecimiento legal de la empresa

TENENCIA DE LA TIERRA	DEFINICIÓN
✓ **Propiedad Pública**	Pertenece al Estado o a otras entidades públicas.
• **Propiedad Estatal**	Perteneciente a gobiernos nacionales, regionales y estatales o a corporaciones de propiedad estatal

Continuación Tabla 73: Establecimiento legal de la empresa

TENENCIA DE LA TIERRA	DEFINICIÓN
• **Pertenecientes a Otras Instituciones Públicas**	Son las que pertenecen a ciudades, municipalidades, pueblos y comunas. Incluye cualquier bosque o tierra boscosa de propiedad pública que no esté especificada en otra categoría
✓ **Pertenecientes a Pueblos Indígenas y Tribales**	Indígenas: son todos aquellos descendientes de poblaciones que habitaban el país, o alguna región geográfica al que pertenece el país, en el momento del establecimiento de los límites estatales actuales y quienes siguen manteniendo algunas de las instituciones políticas, culturales, sociales y económicas que les eran propias. Pueblos Tribales: son los que viven en condiciones culturales, sociales y económicas que los distingue de los otros sectores de la comunidad nacional y cuya situación es regulada por sus propias tradiciones o costumbres o por reglamentos y leyes especiales.
✓ **Propiedad Privada**	Son los bosques y otras tierras boscosas que pertenecen a personas, familias, cooperativas o corporaciones que están dedicadas a la agricultura, silvicultura, industrias forestales privadas, corporaciones y otras instituciones privadas. Entre ellas se encuentran aquellas dedicadas a la elaboración de madera, instituciones educacionales y religiosas, fondos de retiro o de inversión, etc.
✓ **Pertenecientes a Individuos**	Son los bosques y otras tierras boscosas que pertenecen a industrias forestales o elaboradoras de madera privadas.
✓ **Pertenecientes a otras Instituciones Privadas**	Bosques y otras tierras boscosas pertenecientes a corporaciones, cooperativas y otras instituciones privadas como las religiosas, educacionales, fondos de inversión o de retiro, sociedades de conservación de la naturaleza, etc.
✓ **Pertenecientes a Industrias Forestales**	Son los bosques y otras tierras boscosas pertenecientes a industrias forestales.

Fuente: http://www.fao.org/

Para cualquier tipo de propietario, es necesario que este cuente con la certificación de la propiedad inmueble, el cual es un documento en el que consta que un inmueble está registrado con un número determinado en un folio y en un libro del registro de la propiedad, el cual contiene todos los datos del propietario como persona individual o jurídica, con las anotaciones de cada caso.

23.3.1. Persona individual.Según Manuel Ossorio (1981), es aquella persona natural, hombre o mujer como sujetos jurídicos, con la capacidad para ejercer derechos y contraer y cumplir con obligaciones.

Tabla 74: División de persona individual

CATEGORÍA	DIVISIÓN
✓ **Por el sexo**	Hombre y mujeres.
✓ **Por su realidad corporal externa**	Nacidos y concebidos
✓ **Por la capacidad de obrar**	Mayores y menores de edad.
✓ **Por el estado civil**	Solteros, casados, divorciados y viudos.
✓ **Por la nacionalidad o ciudadanía**	Nacionales y extranjeros, con la especie intermedia de los nacionalizados o naturalizados en un país.
✓ **Por lo administrativo o municipal**	Vecinos, residentes y transeúntes.

Fuente: Ossorio, 1981.

23.3.2. Persona jurídica.Persona que existe con el fin jurídico, capaz de ejercer derechos y contraer obligaciones civiles y de ser representada judicial y extrajudicialmente. Las personas jurídicas nacen por creación o autorización de la ley.

Tabla 75: División de la persona jurídica

DE CARÁCTER PÚBLICO	DE CARÁCTER PRIVADO
✓ Estado Nacional, Provincias y Municipios. ✓ Entidades Autárquicas ✓ Iglesia Católica	✓ Asociaciones y fundaciones que tengan por principal objeto el bien común, posean patrimonio propio, sean capaces por sus estatutos de adquirir bienes, no subsistan exclusivamente de asignaciones del Estado, y que obtengan autorización para funcionar. ✓ Sociedades civiles y comerciales o entidades que conforme a la ley tengan capacidad para adquirir derechos y contraer obligaciones, aunque no requieran autorización expresa del Estado para funcionar. ✓ Estados extranjeros, sus provincias y municipios además de los establecimientos, corporaciones o asociaciones existentes con ellos.

Fuente: Ossorio, 1981.

20.3.3. Sociedades. Una sociedad es el contrato por el cual dos o más personas se obligan mutuamente con una prestación de dar o de hacer, con el fin de obtener alguna utilidad apreciable en dinero, la que dividirán entre ellos en la proporción de sus respectivos aportes o de lo que hubiesen pactado.

Tabla 76: División de sociedades

CATEGORÍA	CONCEPTO
✓ **Sociedad Accidental o en Participación**	Unión de dos o más personas para una o más operaciones de comercio determinadas y transitorias, trabajando uno, algunos o todos en su nombre individual solamente, sin firma social y sin fijación de domicilios.
✓ **Sociedad Anónima**	Es una asociación de capitales para una empresa o trabajo cualquiera, que no tiene razón social ni se designa por el nombre de los socios, aunque ello pueda hacerse, añadiéndose la expresión "Sociedad Anónima" o sus siglas S.A. Los socios responden únicamente por la cuota determinada que hayan suscrito, y que está representada por títulos denominados acciones.

Continuación Tabla 76: División de sociedades

CATEGORÍA	CONCEPTO
✓ **Sociedad Capitalista**	Es aquella en la cual los socios aportan dinero.
✓ **Sociedad Civil**	Es una especie de contrato con fines lucrativos.
✓ **Sociedad Colectiva**	Es aquella formada por dos o más personas, ilimitada y solidariamente responsables, que se unen para comerciar en común, bajo una firma social de la que no pueden hacer parte nombres de personas que no sean socios comerciantes; añadiéndose las palabras "sociedad colectiva"; y si no figuran los nombres de todos los socios, tendrán que constar las palabras "y compañía".
✓ **Sociedad Comanditaria o en Comandita Simple**	Es la que se forma por dos grupos de personas; uno constituido por los socios comanditados, que responden por las obligaciones sociales igual que los de una sociedad colectiva, y otro compuesto por los socios comanditarios, que sólo responden con el capital que se han obligado a aportar. La denominación social se integra con las palabras "sociedad en comandita simple" o su abreviatura. Si actúa bajo una razón social, ésta se establece exclusivamente con el nombre de los comanditarios.
✓ **Sociedad Comanditaria o en Comandita por Acciones**	Es igual que la sociedad en comandita simple en lo que se refiere a los socios comanditados y a sus responsabilidades. La parte de los socios comanditarios está representada por acciones negociables, y al calor de ellas está limitada su responsabilidad. La denominación social se integra con las palabras "sociedad en comandita por acciones", su abreviatura o siglas S.C.A.
✓ **Sociedad de Responsabilidad Limitada**	Es aquella de carácter comercial, con capital mínimo, dividida en cuotas que pueden transferirse en determinadas condiciones sin que esto signifique que puedan ser representadas por títulos negociables; y en las que los socios, cuyo número no puede exceder de un máximo determinado, responder económicamente también hasta cierto límite. La administración de la sociedad puede ser encomendada a cualquiera de los socios.

Fuente: Ossorio, 1981.

23.3.4. Asociación o Empresa Comunitaria Forestal.

Clay (2002) define una empresa comunitaria forestal (ECF), como una industria con fines de lucro, manejada por las comunidades indígenas o locales para su subsistencia. Están involucradas en la producción, procesamiento y comercio de madera y productos madereros; participación en mercados de servicios ambientales; y productos forestales no maderables (PFNM).

La mayoría de las ECFs forman parte de las Pequeñas y Medianas Empresas (PyME), que son conocidas por formar la gran parte de la industria forestal en países ricos en bosque como lo es Guatemala. Según Mayers (2006), las PyME cumplen con ciertas características: una operación de negocios dirigida a generar lucros de las actividades vinculadas a los bosques, tienen alrededor de 10 a 100 empleados que trabajan tiempo completo, o tienen un consumo de madera en rollo de 3,000 a 20,000 m^3. En algunos casos también incluyen a las microempresas, las cuales generalmente solo tienen 1 o 2 empleados. Las ECF con procesamiento vertical más sofisticado, pueden exceder el número de empleados y de capital, pero juntan metas económicas de sus empresas con metas sociales y ambientales de la comunidad como un ente colectivo, a diferentes grados.

Algunas ECF diferenciadas, funcionan como una asociación de PyME o ECFs donde subgrupos de actores dentro de la empresa comunitaria asumen responsabilidad de actividades específicas, dentro de la estructura general de gobernabilidad de la comunidad. Las empresas comunitarias forestales cada vez tienen más importancia en mercados domésticos y en el mercado global en países tropicales productores de madera. Algunas ECFs tienen un historial de manejo forestal exitoso en los lugares en donde las condiciones sociales, mercados y marcos reguladores y de políticas, incluyendo regímenes de tenencia, las han favorecido.

23.4. Registrar la empresa

23.4.1. Municipalidad.

Cuando se desea registrar una empresa, se debe acudir a las municipalidades del país, debido a que cada una de ellas tiene diferentes reglas y procedimientos que se tienen que llevar a cabo para poder cumplir con el registro de la empresa, permisos de construcción, tala, siembra, entre otros permisos necesarios para llevar a cabo el proyecto de la empresa que se desea iniciar.

Actualmente la Asociación Nacional de Municipalidades de Guatemala (ANAM) cuenta con la oficina de coordinación forestal municipal que tiene como objetivo principal fortalecer el desarrollo integral de las municipalidades en el sector Forestal. Se trabaja conjuntamente con instituciones gubernamentales, proyectos nacionales y organismos internacionales relacionados con el manejo de los recursos naturales. Actualmente se trabaja en el fortalecimiento de las Municipalidades a nivel nacional, la gestión local y se fomenta el sistema de pago por servicios ambientales, el manejo de bosque natural con fines de producción y protección, el ordenamiento territorial, las plantaciones forestales y los sistemas agroforestales.

La misión de la ANAM es defender la autonomía local y los intereses de los municipios de Guatemala, impulsar la descentralización del Estado y apoyar a los municipios en sus tareas de servicio a la comunidad e impulso al desarrollo de sus territorios.

20.4.2. Instituto Nacional de Bosques (INAB).

El Instituto Nacional de Bosques (INAB) es una entidad estatal, autónoma, descentralizada, con personalidad jurídica, patrimonio propio e independencia administrativa, y es el órgano de dirección y autoridad competente del Sector Público Agrícola en materia Forestal. (INAB, 2011)

El Registro Nacional Forestal (RNF) es el responsable de facilitar la inscripción, actualización y depuración de las diferentes categorías que existen. La constancia es el documento legal extendido por el Registrador Nacional Forestal, en el cual se hace constar la inscripción o actualización en el RNF. En el caso de los Regentes Forestales la constancia la constituirá un carné.

Para poder llevar a cabo la inscripción en el INAB es necesario:

- ✓ Presentar el formulario que corresponda, debidamente lleno en las Regionales o Subregionales del INAB.
- ✓ Adjuntar los requisitos que se detallan en los formularios según la categoría.
- ✓ Para poder ingresar los expedientes de cada categoría se debe acudir a las direcciones regionales y subregionales del INAB de su jurisdicción.

- ✓ Es importante tener en cuenta que en el momento de inscribirse en el Registro Nacional Forestal (RNF), se adquiere un compromiso de una actualización periódica de la información.

Posteriormente se extiende el informe técnico que es el documento en el cual el técnico forestal del INAB hace constar que ha comprobado que la información contenida en el formulario de inscripción o actualización es real; este documento debe ser avalado por el Director Subregional del INAB correspondiente.

Según el reglamento del Registro Nacional Forestal Artículo 6, los requisitos de inscripción de acuerdo a las categorías establecidas, son los siguientes: (ver Apéndice "Capítulo 23")

23.4.2.1. Plantaciones obligatorias.

- ✓ Presentar el formulario "Plantaciones Forestales Obligatorias", debidamente lleno.
- ✓ Informe técnico que será practicado de oficio por orden de la Dirección Regional o Subregional, correspondiente.
- ✓ Fotocopia de la Cédula de Vecindad del propietario o representante legal, en su caso.

23.4.2.2. Plantaciones voluntarias.

- ✓ Presentar el formulario "Plantaciones Forestales Voluntarias Categorizadas Según su Origen", debidamente lleno.
- ✓ Documento que ampare la propiedad. Fotocopia autenticada de la Certificación del Registro de la Propiedad por cada inmueble inscrito, o certificación municipal que acredite la posesión de la tierra con declaración jurada ante Notario. Las certificaciones no deben exceder de tres meses de haber sido extendidas.
- ✓ Informe técnico que será practicado de oficio por orden de la Dirección Regional o Subregional correspondiente.
- ✓ Las plantaciones deben tener más de un año de haber sido establecidas.
- ✓ Dictamen jurídico sobre los documentos presentados.
- ✓ Fotocopia de la Cédula de Vecindad del Propietario o representante legal, en su caso, con fotocopia de su respectivo nombramiento.

23.4.2.3. Industrias forestales y aserraderos estacionarios.

- ✓ Presentar el formulario "Industrias Forestales", debidamente lleno.

- ✓ Informe técnico que será practicado de oficio por orden de la Dirección Regional o Subregional correspondiente.
- ✓ Fotocopia de la Patente de Comercio autenticada con la especificación clara de objeto del negocio como actividad forestal, dirección exacta del sitio de funcionamiento; si es sucursal debe contar con su propia Patente de Comercio.
- ✓ Fotocopia del carné del NIT.
- ✓ Fotocopia de la Cédula de Vecindad del propietario o representante legal de la empresa, en su caso, con fotocopia de su respetivo nombramiento.

23.4.2.4. Personas individuales o jurídicas que prestan servicio forestales.

- ✓ Entre los servicios forestales que se incluyen se encuentran las consultoras, repobladoras, instituciones, organizaciones y asociaciones dedicadas a la investigación, capacitación y extensión forestal y agroforestal.
- ✓ Presentar el formulario "Personas Individuales o Jurídicas que Prestan Servicios Forestales", debidamente lleno.
- ✓ Fotocopia de la patente de comercio autenticada, con la especificación clara del objeto del negocio como actividad forestal, dirección exacta del sitio de funcionamiento; si es sucursal debe contar con su propia Patente de Comercio.
- ✓ Fotocopia del carné del NIT.
- ✓ Las instituciones sin fines de lucro deberán adjuntar en forma resumida, los objetivos y la descripción general de las actividades de la institución, organización o asociación y la Certificación de su Inscripción extendida por autoridad competente.
- ✓ Fotocopia de la Cédula de Vecindad del propietario o representante legal de la empresa, en su caso, con fotocopia de su respectivo nombramiento.

23.4.2.5. Regentes forestales.

- ✓ Presentar el formulario "Regentes Forestales", debidamente lleno.
- ✓ Fotocopia autenticada del Título para técnicos y constancia original de colegiado activo vigente para profesionales.
- ✓ Dos fotografías tamaño cédula.
- ✓ Fotocopia del carné del NIT.
- ✓ Currículum Vitae según formato del INAB.
- ✓ Fotocopia de la Cédula de Vecindad.

23.4.2.6. Técnicos y profesionales dedicados a la elaboración de planes de manejo forestal.

- ✓ Presentar el formulario "Técnicos y Profesionales Dedicados a la Elaboración de Planes de Manejo Forestal", debidamente lleno.
- ✓ Fotocopia autenticada del título para técnicos y constancia original de colegiado activo vigente para profesionales.
- ✓ Dos fotografías tamaño cédula.
- ✓ Fotocopia del carné del NIT.
- ✓ Currículum Vitae según formato del INAB.
- ✓ Fotocopia de la Cédula de Vecindad.

23.4.2.7. Técnicos y profesionales dedicados a la elaboración de estudios de capacidad de uso de la tierra.

- ✓ Presentar el formulario "Técnicos y Profesionales Dedicados a la Elaboración de Estudios de Capacidad de Uso de la Tierra", debidamente lleno.
- ✓ Fotocopia autenticada del Diploma o Certificación de aprobación del curso de Capacidad de Uso de la Tierra avalado por el INAB.
- ✓ Constancia original de colegiado activo para el caso de los profesionales.
- ✓ Dos fotografías tamaño cédula.
- ✓ Fotocopia del carné del NIT.
- ✓ Currículum Vitae según formato del INAB.
- ✓ Fotocopia de la Cédula de Vecindad.

23.4.2.8. Depósitos forestales y centros de acopio.

- ✓ Presentar el formulario "Depósitos de Productos Forestales" ó "Centros de Acopio", debidamente lleno.
- ✓ Informe técnico que será practicado de oficio por orden de la Dirección Regional o Subregional correspondiente.
- ✓ Cuando sea procedente fotocopia de la patente de comercio autenticada con la especificación clara del objeto del negocio como actividad forestal, dirección exacta del sitio de funcionamiento; si es sucursal debe contar con su propia patente de comercio.
- ✓ Fotocopia del carné del NIT.

- ✓ Fotocopia de la Cédula de Vecindad del propietario o representante legal, en su caso, con fotocopia de su respectivo nombramiento.
- ✓ Cuando se trate de centros de acopio, se deberá corroborar si existe la casa matriz ya sea industria o depósito, para lo cual se deberá presentar la constancia de inscripción.

23.4.2.9. Bosques naturales.

- ✓ Presentar el formulario "Bosques Naturales", debidamente lleno.
- ✓ Documento que ampare la propiedad. Fotocopia autenticada de la Certificación del Registro de la Propiedad para inmuebles inscritos o certificación municipal que acredite la posesión de la tierra con declaración jurada ante notario, las cuales no deben exceder de tres meses de haber sido extendidas.
- ✓ Informe técnico que será practicado de oficio por orden de la Dirección Regional o Subregional correspondiente.
- ✓ Fotocopia de la Cédula de Vecindad del propietario o representante legal, en su caso, con fotocopia de su respectivo nombramiento.
- ✓ Dictamen jurídico sobre los documentos presentados.

Según el Reglamento del Registro Nacional Forestal, no se inscribirá en el RNF ni se extenderán las constancias a persona individual o jurídica que incumpla con los requisitos indicados en este Reglamento. Adicionalmente, se realizará una actualización periódica con el propósito de generar información estratégica, el RNF mantendrá un proceso de actualización de la información de los registros cada tres años. Para el caso de bosques naturales y plantaciones forestales, la actualización se realizará cada cinco años; para el efecto del INAB a través de las Direcciones Regionales o Subregionales deberá realizar la inspección para verificar la existencia de las mismas.

También se debe tomar en cuenta que el INAB, inscribirá a petición de los usuarios todas las actividades comprendidas en las categorías sujetas a registro dentro de la Ley y su Reglamento, siempre y cuando cumplan con los requisitos establecidos para el efecto. El ingreso de expedientes de cada categoría debe realizarse a través de las Direcciones Regionales o Subregionales del INAB correspondientes, quienes deben verificar con el Asesor Jurídico respectivo en un término de cinco días hábiles, el cumplimiento de los requisitos e información solicitada en los formularios y expedientes que ingresen, previo a continuar el trámite de inscripción y otorgamiento de la constancia.

Por último, para efectos del registro, los expedientes podrán ingresar a través de las Direcciones Regionales o Subregionales del INAB, las cuales procederán a la revisión del expediente, realizando las inspecciones técnicas que fueran necesarias y emitiendo los dictámenes legales pertinentes. Posteriormente, el expediente avalado por el Director Regional o Subregional correspondiente, se enviará al RNF para su inscripción, actualización y archivo, siempre y cuando cumpla con los requisitos e información requerida. Sin embargo los centros de acopio, se deberán inscribir conjuntamente con su casa matriz. La constancia respectiva deberá llevar la indicación: "Centro de Acopio, no autorizado para la venta de productos forestales".

Es importante saber que toda persona que realice actividades de registro o actualización ante el RNF adquiere las obligaciones siguientes:

- ✓ Proporcionar la información requerida para el registro de su actividad.
- ✓ Mantener actualizado el registro de su actividad, según los tiempos determinados en el Reglamento del Registro Nacional Forestal, debiendo informar oportunamente de los cambios que en esa actividad sucedan.
- ✓ Comparecer a solicitud del RNF a todas aquellas citaciones que en su oportunidad le sean comunicadas.
- ✓ Cumplir con las demás obligaciones establecidas en la Ley Forestal y su Reglamento.

Asimismo adquiere los derechos siguientes:

- ✓ Tener constancia de inscripción en el RNF, siempre y cuando cumpla con los requisitos establecidos en el Reglamento del Registro Nacional Forestal.
- ✓ Solicitar al RNF revisión y corrección de aquellos errores en los datos asentados.
- ✓ Tener la posibilidad de ser tomado en cuenta en los programas de fomento y capacitación que el INAB establezca.
- ✓ Formar parte de listados administrados por INAB con fines de fomento, beneficios o de suscriptores de materiales de interés que divulgue el INAB.

Adquieren la calidad de activo, las empresas, personas individuales o jurídicas inscritas en el RNF. La calidad de inactivo se adquiere cuando:

- ✓ Incumplan con actualizarse tras haber finalizado el tiempo establecido en la constancia, salvo en los casos en los que el atraso no le sea atribuible al usuario. Pasado un lapso de treinta días de presentada la solicitud sin la inspección del INAB, podrán gozar de tres meses más en la calidad de activo, tiempo en el cual el INAB tendrá que realizar la inspección necesaria para la actualización.
- ✓ Incumplimiento reiterado en la presentación de informes periódicos.
- ✓ Exista suspensión declarada mediante resolución de autoridad administrativa o de juez competente.
- ✓ La inspección técnica determine la inexistencia física de la empresa.
- ✓ Exista inexactitud de los datos proporcionados.
- ✓ Exista disolución de la persona jurídica.

Se recupera la calidad de activo, cuando dejen de existir las causales citadas anteriormente. Sólo las empresas o personas individuales o jurídicas que tengan la calidad de activo en el RNF, podrán ejercer la actividad para la que fueron inscritos y gozará de los derechos que tal calidad les otorga, de esta manera podrán emitir y/o autorizar la documentación relacionada con cualquier actividad forestal para lo cual están inscritas.

23.4.3. Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP).

El Consejo Nacional de Áreas Protegidas, es el órgano máximo de dirección y coordinación del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP) creado por esta misma ley; que tiene personalidad jurídica y que depende directamente de la Presidencia de la Republica. Tiene jurisdicción en todo el territorio nacional, sus costas marítimas y su espacio aéreo. Posee autonomía funcional y su presupuesto se integra por una asignación anual del Estado y el producto de las donaciones específicas particulares, países amigos, organismos y entidades internacionales. El CONAP es una entidad pública, que fue establecida en el año de 1989 y regula sus actuaciones según lo establecido en la Ley de Áreas Protegidas. (Marroquín, 2011)

Antes de iniciar el proceso de registro o inscripción de la empresa, es necesario tener conocimiento de los formularios que se deben llevar a ventanilla única del CONAP. Para poder registrar la empresa en el CONAP es necesario:

- ✓ Llevar las coordenadas del terreno al Departamento de Información Geográfica en el CONAP, con ello se obtiene la certificación de la ubicación del área en la que se desea trabajar.
- ✓ El regente forestal que debe estar inscrito en el CONAP, realiza un Plan de Manejo. En el caso de Bosque Natural, el plan de manejo incluye la recuperación del área en la cual se trabajará, dicha recuperación puede ser de tres tipos:
    - Enriquecimiento
    - Plantación Nueva
    - Regeneración Natural
- ✓ Durante 5 años consecutivos, el CONAP le da un seguimiento al Plan de Manejo, presentado por las personas que están trabajando en el territorio indicado. Durante estos 5 años se garantiza que se esté cumpliendo lo que se ofreció en dicho documento, el primer año se evalúa el aprovechamiento que se le está dando al bosque, el segundo año se evalúa el establecimiento y los últimos tres años se evalúa el mantenimiento que se le está dando al territorio. Para poder evaluar, el regente del CONAP, toma una muestra de árboles dentro del manejo forestal se específica si el entresaque o corta selectiva es de: (Marroquín, 2011)
    - Coníferas: no se definen diámetros mínimos de corte.
    - Latifoliados: se definen diámetros mínimos de corte dependiendo del incremento anual que es aproximadamente de 4 a 5 cm.

- ✓ Según el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), el Instrumento de Evaluación Ambiental, se debe llevar a la dirección regional y ellos se encargan de hacer la evaluación de campo. Todos los formularios y estudios son enviados al MARN, para su posterior evaluación y visto bueno. Todos los formularios están disponibles en la página web del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (http://www.marn.gob.gt/)
- ✓ Documentos en Línea: son los documentos que se utilizan en el MARN, para su evaluación y su posterior resolución. Es requisito para todos los Instrumentos de Evaluación de Impacto Ambiental llevar la declaración jurada del Representante Legal y/o Persona Proponente. Todos los planos que se adjunten a cada uno de los expedientes de los Instrumentos Ambientales deben ser en tamaño: Carta, Doble Carta u Oficio.

- ✓ Evaluación Ambiental Inicial: se utiliza para todo proyecto que se va a iniciar, pero que por sus características es considerado de bajo impacto ambiental. Se tiene como requisitos llenar el formato EAI que se otorga en la Ventanilla Única del MARN y Adjuntar todos los datos Legales de soporte de la Empresa y/o Representante Legal.
- ✓ Diagnóstico Ambiental de Bajo Impacto: se utiliza para todo Proyecto inicial de bajo Impacto Ambiental. Como requisitos se debe llenar el formato DABIA que se otorga en la Ventanilla Única del MARN y Adjuntar todos los datos Legales de soporte de la Empresa y/o Representante Legal.
- ✓ Instrumentos de evaluación ambiental: en éste se debe seguir con ciertos pasos, primero la contratación de un Consultor Ambiental registrado en el MARN, posteriormente se deben tener todos los Documentos Legales de la Empresa y/o representante legal, como tercer paso se debe presentar el original del informe técnico según la Guía de Términos de Referencia proporcionados por el MARN. Y por último una constancia de publicación en un Diario de Mayor circulación (no en el Diario de Centroamérica) en el tamaño de 2" x 4". Si en la región se utilizan Idiomas Mayas, la publicación también debe ser en dicho(s) idioma(s).
- ✓ Diagnóstico Ambiental: se utiliza para todo proyecto que ya está establecido. Como requisitos se tiene la contratación de un Consultor Ambiental registrado en el MARN, todos los Documentos Legales de la Empresa y/o representante legal y Original del informe técnico según la Guía de Términos de Referencia proporcionados por el MARN.
- ✓ Para cumplir con los requisitos legales la persona debe presentar:
    - Cédula.
    - Certificación de la propiedad actualizada (no más de tres meses).
    - Representante legal.
    - Registro Mercantil.
    - NIT.
    - El regente forestal debe presentar una copia de su carné.

- ✓ Todos los documentos anteriormente descritos se deben presentar en la ventanilla única del CONAP, se recomienda que estén presentes en la entrega de la papelería el dueño de la empresa y el regente forestal, para verificar que no falte ningún tipo de información y de esta manera agilizar el proceso.

- ✓ Una vez entregada toda la información, el técnico forestal revisa si los objetivos, la justificación y el cuadro de abundancia, dominancia y volumen están correctos, para poder dar seguimiento al proceso. Además revisa que el error de muestreo en el plan de manejo sea menor al 5%, el cronograma de actividades, la cantidad de especies a dejar y aprovechar. Con todo revisado se devuelve el Plan de Manejo para sus respectivas correcciones, y 2.5 meses después se debe llevar el formulario de ambiente y las correcciones ya hechas. Se debe tomar en cuenta que el plan de manejo debe durar 25 años y que cada año el propietario de la empresa debe renovar su póliza.
- ✓ Posteriormente se envía el formulario ambiental al Ministerio de Ambiente para que ellos revisen que esté en orden y aprueben todos los aspectos evaluados. Cuando regresan los documentos ambientales al CONAP, se debe pagar el impuesto forestal en la cuenta del CONAP, y una póliza en la aseguradora que el propietario escoja, así como un contrato legal firmado por un abogado.
- ✓ Finalmente se obtiene la licencia forestal y el propietario está en la libertad de comprar guías de transporte.

24. SELECCIONAR LA ESPECIE A SEMBRAR

24.1. Ubicación del terreno: clasificación del bosque

Según Arrecis (2007), los bosques se pueden clasificar en grupos de acuerdo a sus características en común, ya sea por su origen, su altura y por las especies que lo conforman:

Tabla 77: Clasificación de árboles en Guatemala

CARACTERÍSTICAS EN COMÚN	CLASIFICACIONES
Por su origen **Figura 159: Clasificación según el origen, ejemplo de bosque natural** **Fuente:http://www.madrimasd.org**	✓ BOSQUE NATURAL: Formado sin la intervención de los humanos y sus árboles no están dispuestos en un orden definido. Generalmente presenta varias especies de árboles. Por ejemplo, los bosques del Parque Nacional Lachuá, localizado en Alta Verapaz, tienen más de 100 especies de árboles, asociados con 120 especies de plantas entre arbustos, hierbas, orquídeas, gallitos, enredaderas y bejucos. Así como animales y microorganismos. ✓ PLANTACIÓN FORESTAL: Establecida por los humanos y donde los árboles tienen un orden establecido. En algunos casos presenta especies exóticas o introducidas (traídas de otros lugares como el eucalipto que proviene de Australia). En cada lugar determinado se encuentran varias especies de árboles que pueden haber germinado de forma natural y otros haber sido plantados.

Continuación de la Tabla 77: Clasificación de árboles en Guatemala

CARACTERÍSTICAS EN COMÚN	CLASIFICACIONES
Por su altura	Los árboles según su altura forman estratos dentro de un bosque, siendo el más alto el superior o dominante, el estrado medio y el estrato inferior.
Por las especies que lo conforman. El tipo de árboles presentes en un lugar depende del tipo de suelo y del clima que favorecen su crecimiento. **Figura 160: Clasificación según las especies, ejemplo de bosque latifollado** **Fuente: http://cazacumbres.wordpress.com**	✓ BOSQUE DE CONÍFERAS: Formado por árboles cuyos frutos tienen forma de conos y sus hojas son alargadas como agujas. Entre los que se encuentran varias especies de pino, ciprés y el pinabete. ✓ BOSQUE LATIFOLLADO: Integrado por especies con hojas anchas (laminares de diferentes formas), las cuales forman capas frondosas o redondeadas. Algunos ejemplos de árboles presentes en distintos bosques latifolios son: la ceiba (nuestro árbol nacional), el hormigo (materia prima para la elaboración de marimbas), la caoba, el ramón, el cedro, el aguacatillo, entre otros. ✓ BOSQUE MIXTO: Constituido por una mezcla de especies latifoliados y coníferas, donde de forma natural, ninguna especie domina.

Continuación de la Tabla 77: Clasificación de árboles en Guatemala

CARACTERÍSTICAS EN COMÚN	CLASIFICACIONES
Figura 161: Clasificación según las especies, ejemplo de bosque manglar Fuente: http://www.ecologiaverde.com	✓ BOSQUE DE MANGLAR: Tipo especial de bosque latifoliado, ubicado a las orillas de los estuarios. Este bosque está integrado por árboles adaptados a vivir en este tipo de humedades. ✓ BOSQUE XEROFÍTICO: Se desarrolla en zonas áridas y los árboles de estos ambientes cuentan con estructuras adaptadas a condiciones de aridez, por ejemplo sus ramas presentan espinas para evitar la pérdida de agua y para protegerse de los animales que se alimentan de ellas. Entre ellas está la pitaya de árbol y el espino blanco. Algunas plantas de este tipo de bosque, como adaptación extrema, carecen de hojas como los cactus.
Por su uso **Figura 162: Clasificación según su uso, ejemplo de mesa** **Fuente: http://www.decorailumina.com**	Los árboles proporcionan bienes (productos directos) que satisfacen necesidades humanas diarias. Por ello, los árboles se pueden clasificar en alimenticios (proporcionan frutas, hojas y semillas comestibles para las personas y los animales), maderables, ornamentales, textiles e industriales (resinas, celulosa) entre otros.

Continuación de la Tabla 77: Clasificación de árboles en Guatemala

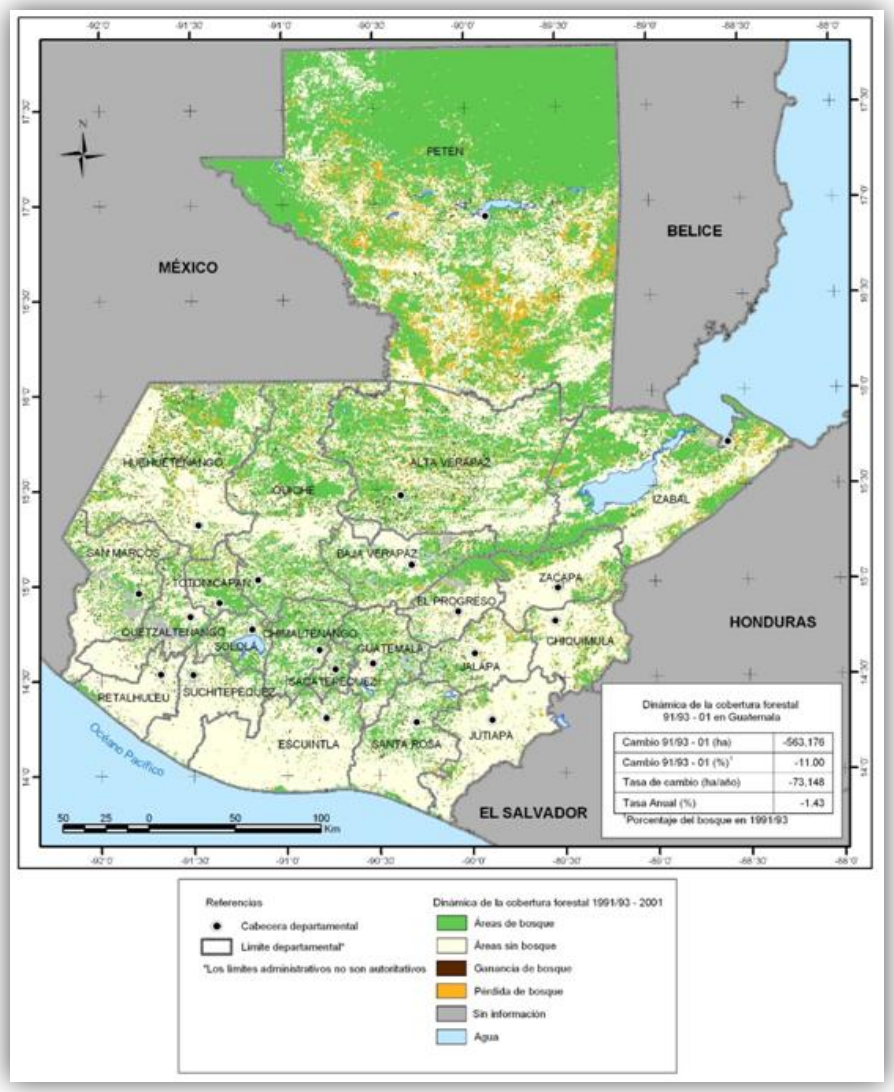
CARACTERÍSTICAS EN COMÚN	CLASIFICACIONES
Por su manejo **Figura 163: Clasificación según su manejo, ejemplo bosque natural** **Fuente: http://www.argaelarural.com**	✓ BOSQUE NATURAL SIN MANEJO: Originados por regeneración natural sin influencia humana. ✓ BOSQUE NATURAL BAJO MANEJO: Originados por regeneración natural y se encuentran sujetos a la aplicación de técnicas silviculturales. ✓ BOSQUE NATURAL BAJO MANEJO AGROFORESTAL: Bosques en los cuales se practica el manejo forestal y la agricultura en forma conjunta.

Fuente: Elaboración propia con base en Arrecis, 2007.

El bosque, como un elemento vivo, realiza las funciones de productor de bienes y genera servicios ambientales por medio de sus funciones de regulación y protección. Los bosques tienen diversas funciones en las áreas rurales y urbanas, algunas son semejantes y en algunos casos son específicas, dependiendo del beneficio que proporcionan. Pero lo relevante es reconocer la importante relación que existe entre los seres humanos y la naturaleza, donde los bosques juegan un papel protagónico. (MAGA, 2006)

En los ecosistemas naturales es más fácil visualizar las interacciones entre los humanos y los bosques. Mientras que en las ciudades (ecosistemas urbanos), a veces esa importante relación es difícil de evidenciar (aunque muchos alimentos que consumimos se derivan de los árboles). Sin duda, cada vez se reconoce mas el hecho de que las áreas verdes constituyen un trascendental "pulmón" para las ciudades y valiosas zonas de recarga hídrica y para el esparcimiento y la recreación humana. Además constituyen los remanentes boscosos que proporcionan el hábitat para flora y fauna silvestre. (Miller, 2002). En este mapa, se puede observar la cobertura forestal de Guatemala.

Figura 164: Cobertura forestal de Guatemala



Fuente: UVG-INAB-CONAP, 2006

24.2. Origen y características del suelo

El suelo es un elemento natural formado de una mezcla de materiales bióticos y abióticos (sólidos, líquidos y gaseosos). Cuando el suelo contiene cantidades apropiadas de agua y aire, sirve a las plantas de columna y para su desarrollo.

Entre los componentes sólidos, el suelo contiene elementos bióticos (o de origen biótico) como restos de hojas, ramas y animales, así como microorganismos y animales que se encargan de descomponer y transformar sustancias orgánicas. Las lombrices además de fertilizar el suelo con sus excrementos, se encargan de dejar pequeños agujeros entre el suelo, lo cual es muy útil para su ventilación y adecuada irrigación. (Cruz, 2004)

Según lo recopilado por Arrecis (2007), los componentes del suelo determinan, en gran medida, sus propias características. La capa cultivable del suelo en condiciones óptimas consta de:

- ✓ 50% de materiales sólidos (45% de partículas minerales y 5% de materias orgánicas)
- ✓ 25% de aire
- ✓ 25% de agua

Gráfica 1: Cobertura forestal de Guatemala

Fuente: Elaboración propia con base en Arrecis, 2007.

La naturaleza y fertilidad de los suelos dependen de una serie de factores que intervienen en su formación, tales como:

- ✓ **Roca Madre:** Capa en la profundidad del suelo que influye en la formación de sus características físicas (textura, densidad, estructura), que regulan la porosidad; como en sus características químicas, que enriquecen o empobrecen los suelos de ciertos elementos esenciales para el crecimiento de las plantas.
- ✓ **Relieve:** Se denomina así, a la forma de la superficie de la tierra que puede ser plana, ondulada o inclinada.
- ✓ **Pendiente:** Se refiere a la inclinación del terreno y es uno de los factores que más influyen en la formación del suelo. Entre mayor pendiente manifieste el relieve de un suelo, el proceso de formación del mismo es más lento, porque el agua de lluvia lo erosiona continuamente.
- ✓ **Clima:** Factor dominante en la formación del suelo, principalmente, por la acción de la lluvia y la temperatura.
- ✓ **Tiempo:** Condicionante directo de los procesos de formación del suelo, bajo condiciones ideales 200 años pueden ser necesarios para desarrollar una capa de suelo.
- ✓ **Material originario:** Material original de donde se desarrolla el suelo, puede ser de naturaleza mineral y orgánica.
- ✓ **Biosfera:** Conjunto de plantas y animales macro y microscópicos que habitan en el suelo. Estos elementos son los responsables de descomponer la materia orgánica, restos de plantas, animales muertos y, convertirlos en humus. (Arrecis, 2007)

La pendiente y el relieve tienden a determinar la profundidad de los suelos. Generalmente los lugares con pendiente pronunciada presentan solamente una capa delgada y en las planicies se forman suelos profundos, salvo cuando intervienen otros factores, como la erosión por ríos o lluvias. El relieve controla el nivel de agua subterránea y así influye en el drenaje de los suelos. El relieve también afecta la concentración de elementos en el suelo. La abundancia de lluvia puede eliminar muchos nutrientes (calcio, magnesio y potasio entre otros) que son importantes en el crecimiento de los cultivos y árboles. (Arrecis, 2007)

24.2.1. Características claves del suelo. Estas influencias se combinan para determinar las características claves de un suelo:

Tabla 78: Características claves del suelo

Disponibilidad de nutrientes (en particular los que limitan crecimiento de los cultivos, como el nitrógeno, el fosforo y el potasio).	Características físicas (textura o partículas del suelo y estructura o capas del suelo).	Acidez (pH)
Profundidad (esta propiedad se mide por el espesor hasta el cual se observa el desarrollo de un buen sistema de raíces de cualquier planta)	Materia orgánica	Riqueza de los microorganismos en el suelo
Salinidad (nivel de determinadas sales en el suelo: cloruros, sulfatos, etc.)	Capacidad de retención de agua	

Fuente: Elaboración propia con base en Cruz, 2004

24.2.2. Propiedades del suelo. El origen del suelo proporciona ciertas propiedades, que permiten diferenciar los tipos de suelo. Entre las propiedades del suelo están:

- ✓ **Textura:** Se refiere a la composición del mismo, en grupos de partículas de diferentes tamaños. Generalmente, los suelos están formados por la mezcla de partículas de arena, limo y arcilla. En los suelos arenosos, el agua se filtra rápidamente, de tal manera que la planta no cuenta con el tiempo suficiente para absorberla. La presencia de demasiada arcilla en relación con el limo y la arena hacen que los úselos absorban el agua muy lentamente provocando problemas de pudrición en las raíces y en el tallo de las plantas. Una buena proporción entre partículas de arena, limo y arcilla brindan condiciones adecuadas de infiltración y retención de agua en los suelos.
- ✓ **Color:** La coloración de un suelo depende del material original a partir del que se formó, de su contenido de materia orgánica, su condición de drenaje y de la aireación del mismo.
- ✓ **Profundidad:** Esta propiedad se mide por el espesor hasta el cual se observa el desarrollo de un buen sistema de raíces de cualquier planta.
- ✓ **Pendiente del terreno:** En términos generales, se puede decir que los terrenos planos presentan vocación agrícola, los moderadamente inclinados deben ser utilizados para ganadería y cultivos permanentes. Conforme aumenta la inclinación del terreno, su vocación es para bosques, producción de frutos u otros derivados hasta llegar a terrenos escarpados, los cuales son exclusivos para bosques protectores.
- ✓ **Clima:** Factor que incide fuertemente, en el uso de los suelos. Los elementos del clima que ejercen mayor influencia son: temperatura y lluvia. A mayor temperatura y mayor humedad, el crecimiento de las plantas es más rápido.
- ✓ **Profundidad del suelo:** Los suelos con mayor profundidad permiten a las plantas un mejor desarrollo del sistema radicular, por lo tanto, una mayor disponibilidad de agua y nutrientes.
- ✓ **Pedregosidad:** La presencia de piedras es un factor que limita el uso del suelo. (Arrecis, 2007)

Según Cruz (2004), el manejo y conservación de suelos son todas aquellas prácticas o métodos aplicados al recurso suelo, mediante el uso de la técnica apropiada, con el propósito de evitar o reducir la degradación del suelo y de esta manera, incrementar su productividad. Con el

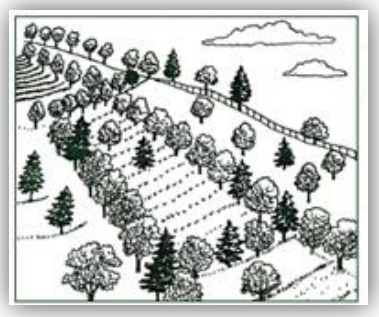
manejo y conservación de suelos, se pretende reducir la pérdida del suelo causada principalmente por la erosión hídrica y eólica.

Entre las prácticas de manejo están las curvas a nivel que son líneas en las cuales todos sus puntos se encuentran a un mismo nivel o altura. Sirven de guía para el establecimiento de cultivos en ladera, se utiliza también para trazar algunas prácticas de manejo y conservación de suelo tales como: (Arrecis, 2007)

- ✓ **Acequias de infiltración:** Formadas por zanjas que rodean las curvas a nivel para acumular el agua y permitir que penetre el suelo.

- ✓ **Cultivos en contorno:** Cultivos que siguen una curva nivelada perpendicular a la pendiente de terreno.

Figura 165: Características claves del suelo



Fuente: Arrecis, 2007.

- ✓ **Barreras vivas:** Fajas de plantas como zacates, flores, plantas medicinales y arbustos que se alternan con fajas de cultivos.

Figura 166: Características claves del suelo

Fuente: Arrecis, 2007.

- ✓ **Barreras muertas:** Muros de contención al ras del suelo y están hechos de rocas, material inerte que exista en el lugar o rastrojos.

Figura 167: Barreras muertas

Fuente: Arrecis, 2007.

- ✓ **Terrazas:** Plataformas o gradas que se construyen en terrenos ubicados en pendientes bastante inclinadas. Sobre las terrazas se hacen los cultivos y hay que darles mantenimiento para que no se deterioren por pequeños derrumbes. (Arrecis, 2007)

Figura 168: Vista lateral de terrazas, barreras vivas y barreras muertas

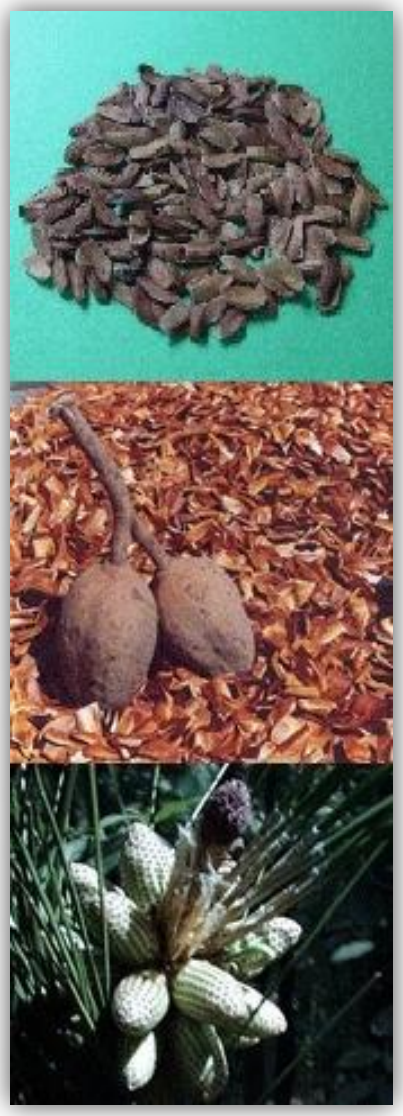
Fuente: Arrecis, 2007.

24.3. Semillas

Las semillas, siendo importante en la decisión para la selección de la especie a sembrar, debe estar certificada, como respuesta obtenemos el "Banco de Semillas Forestales" BANSEFOR. (MARN-INAB, 2007)

El Banco de semillas forestales fue creado con el apoyo de la FAO en el año 1978, con el propósito de suministrar semillas de especies forestales de interés, dado la dificultad de aquella época de obtener material reproductivo de calidad. Su objetivo principal es contribuir al incremento de la productividad de las plantaciones forestales a través del fomento del uso de material reproductivo de alta calidad genética y fisiológica, así como a la conservación de los recursos genéticos forestales de Guatemala que garanticen su continuidad y utilización a través del tiempo y el espacio, para la generación sostenida de bienes y servicios al sector forestal y la sociedad en general. (INAB, 2011)

Figura 169: Semillas



Fuente: http://200.30.150.38/

24.3.1. Certificación de semillas.

En Guatemala recién se inició la certificación de semillas forestales, tratando con esto mejorar la calidad de las plantaciones comerciales en el país y de esta forma lograr mayor competitividad a nivel nacional e internacional. Certificar semillas, es mantener la pureza genética de los materiales mejorados y garantizar en ellas sus atributos fisiológicos, físicos y sanitarios. Desde el punto de vista legal la certificación de semillas es un sistema que dirige, controla, supervisa y organiza la producción y multiplicación de semillas de un determinado país o en una determinada región. (INAB, 2011)

El proceso de certificación de semillas forestales según BANSEFOR involucra:

Gráfica 2: Proceso de certificación de semillas forestales

Fuente: Elaboración propia con base en INAB, 2011.

El registro de fuentes semilleras, las cuales se categorizan de acuerdo al número de árboles clase (Árboles rectos, cilíndricos, ramas cortas y delgadas, dominantes y otros dentro del dosel del bosque) por hectárea. Dentro de estas categorías se encuentran: Fuente seleccionada de árboles dispersos en bosques naturales latifoliados, fuente seleccionada, rodal semillero, huertos semilleros genéticamente no comprobados y huertos semilleros genéticamente comprobados.

La evaluación de cosecha de frutos y semillas forestales es el mecanismo por el cual se garantiza la existencia y cantidad de frutos y semillas en la fuente semillera además de la extracción de la misma en su época de madurez óptima.

Figura 170: Semillas de pino

Fuente: Elaboración propia, 2010

El análisis de laboratorio comprueba la calidad física y fisiológica de las semillas; a través de la determinación del porcentaje de pureza, porcentaje de humedad, porcentaje de germinación y peso de mil semillas. Cuando todos estos parámetros se cumplen de acuerdo a las normas internacionales se otorga el certificado de calidad del lote de semillas.

A raíz de la modificación del segundo párrafo del Artículo 10 del Reglamento del Programa de Incentivos Forestales. –PINFOR–, El Instituto Nacional de Bosques, pide como requisito a los usuarios del programa que a partir del año 2010 la semilla para establecer nuevas plantaciones, provengan cómo mínimo de fuente semillera seleccionada o fuente seleccionada de árboles dispersos en bosques latifoliados, con lo cual se logra un porcentaje de mejora del material reproductivo.

Para el registro de fuentes semilleras se ha establecido un mecanismo con el cual los propietarios de fincas pueden inscribir en el Registro Nacional Forestal del INAB sus bosques como fuentes semilleras. Este mecanismo consiste en el llenado ciertos formatos a los que se deberá adjuntar la certificación que acredite la propiedad del terreno, los cuales deberán entregarse en las sedes regionales o subregionales del INAB a que corresponda, existiendo para esta actividad un grupo de técnicos y profesionales los cuales están acreditados y facultados para realizar las evaluaciones de las fuentes semilleras. Como propósito de tener un documento de registro, se desea mejorar la calidad de las plantaciones forestales, calidad de madera, reducción de costos, reducción de turnos de corta y aumentar los bosques de Guatemala. (BANSEFOR, 2011)

En el Apéndice "Capítulo 24" se encuentra el listado de Fuentes Semilleras registradas en el INAB. En el Apéndice "Capítulo 24" se encuentra un listado de "Técnicos aprobados en el curso sobre Proceso de Certificación de Fuentes Semilleras y Semillas Forestales", según el INAB. En el Apéndice "Capítulo 24" se encuentra un Mapa de Fuentes Semilleras en Guatemala.

24.3.2. Mejoramiento genético forestal.

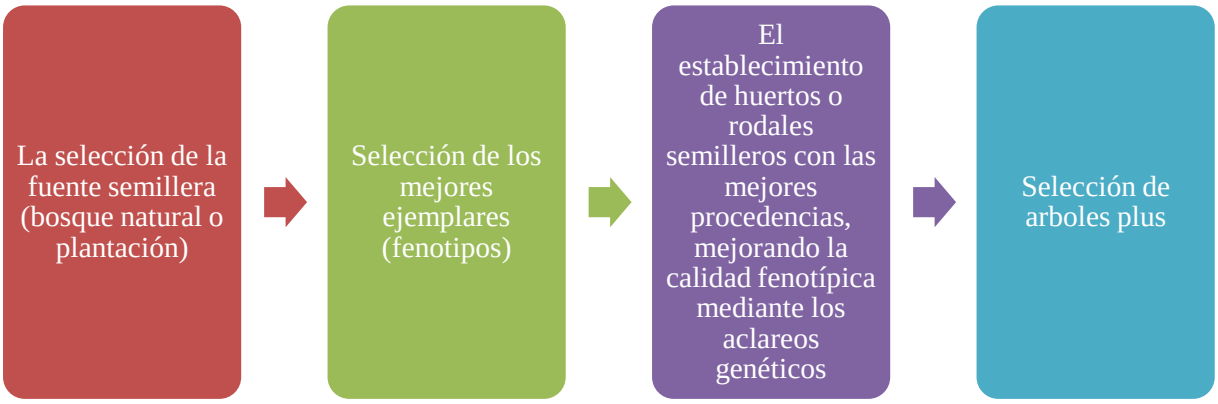
El mejoramiento genético forestal comprende actividades dirigidas a producir árboles genéticamente superiores, incluyendo el cruce controlado de individuos para lograr nuevos genotipos con propiedades de interés deseable.

Entre sus objetivos contamos con:

- ✓ Aumentar la productividad
- ✓ Mejorar la calidad del producto
- ✓ Mejorar la adaptabilidad de la especie
- ✓ Reducir turnos de corta
- ✓ Reducir los costos de establecimiento
- ✓ Reducir los costos en actividades silviculturales
- ✓ Aumentar la resistencia a plagas y enfermedades (INAB, 2011)

El método básico para comparar y estimar la calidad genética de procedencias, familias o clones es plantar y evaluar el material en un ensayo de campo. La mayoría de los programas de mejoramiento genético forestal empiezan con pruebas de procedencias. Siendo el objetivo de estas pruebas la identificación de las mejores procedencias de una especie. (INAB, 2011)

Gráfica 3: Método comparativo de calidad genética de procedencias en las semillas

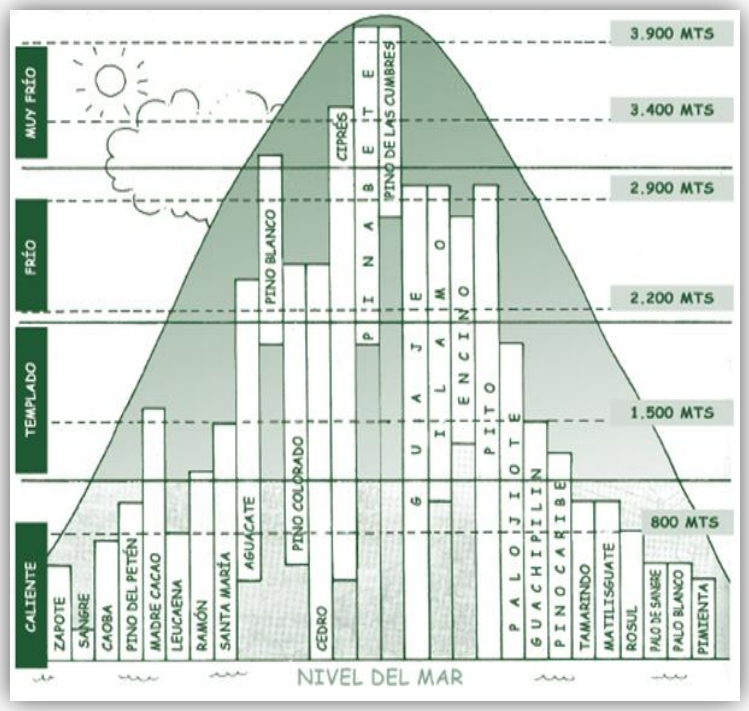


Fuente: Elaboración propia con base en INAB, 2011.

24.4. Selección de la especie

Existe gran cantidad de especies de plantas para reforestar y se recomienda seleccionar principalmente árboles que sean nativos del lugar porque se adaptarán mejor al clima y al tipo de suelo. Sin embargo, en algunos casos, pueden elegirse árboles de otras regiones que se adapten fácilmente. A continuación se muestran algunas especies y las alturas a las cuales se desarrollan mejor. (Arrecis, 2007)

Figura 171: Climas y alturas que favorecen a algunas especies de árboles

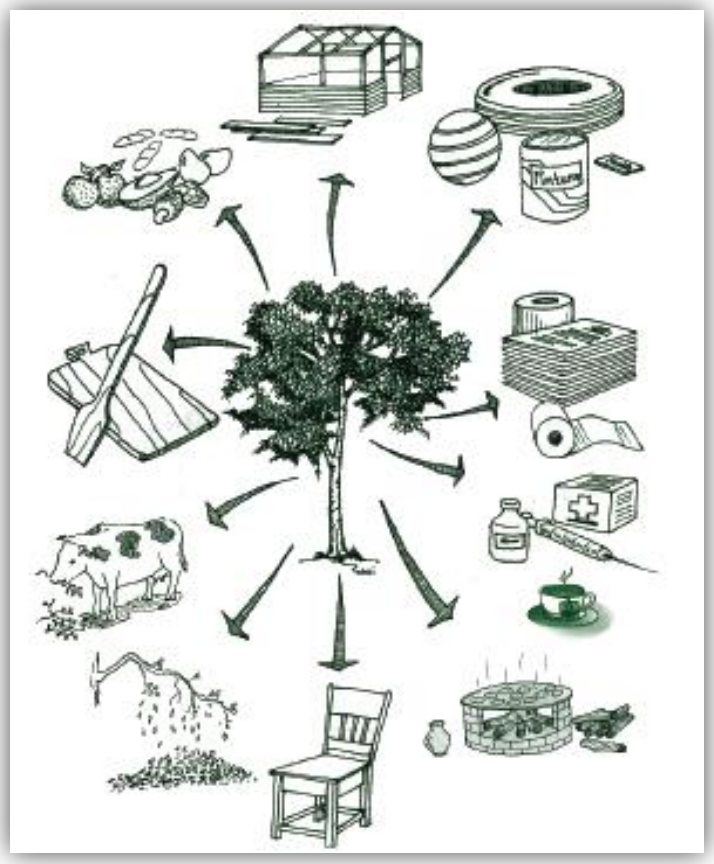


Fuente: Arrecis, 2007.

También se eligen los árboles por algunas características particulares, como rápido crecimiento, importancia económica y mejor desarrollo. Además se pueden elegir las especies según el objetivo de la reforestación, es decir de acuerdo a los beneficios que se espera obtener de ellos, entre los cuales están:

- ✓ Producción de leña o madera
- ✓ Producción de frutos para la alimentación familiar o para su venta
- ✓ Protección de nacimientos de agua y cauces de ríos.
- ✓ Conservación de suelos.
- ✓ Cercos vivos y cortinas rompe vientos.
- ✓ Sombra para cultivos y en algunos pastos donde hay ganado.
- ✓ Fines estéticos, como árboles ornamentales que decoran el paisaje. (Miller, 2002)

Figura 172: Productos de la madera



Fuente: Arrecis, 2007.

24.5. Productos que se puede obtener del bosque

Para comenzar, se deben de comprender las siguientes definiciones:

El árbol pertenece al reino vegetal. La altura de los árboles varía según su especie. Para conocer realmente a un árbol, es necesario saber de dónde se origina y las partes que lo componen, estas son: raíz, tronco y copa. La copa está formada por el conjunto de ramas, hojas, flores, frutos y semillas.

El bosque es un conjunto de árboles en asociación con arbustos, hierbas, suelo y agua. El bosque es importante porque modera el clima, ayuda a proteger las fuentes de agua, proporciona vivienda y alimento a la fauna silvestre. Además, ofrece recreación, produce oxigeno y protege de los suelos. (INAB, 2011)

Arrencis (2007) comenta que los árboles proporcionan a los demás seres vivos beneficios directos (productos o bienes) como indirectos (llamados servicios).

Según el INAB, ¿cuáles son los productos o bienes que obtenemos del bosque?

Tabla 79: Productos que obtenemos del bosque

Fuente: Elaboración propia con base en Trifoliar Informativo INAB, 2009.

Los servicios, al contrario, son beneficios indirectos que se pueden obtener sin necesidad de usar el árbol total o parcialmente. Estos beneficios son de gran utilidad porque contribuyen a la conservación del medio ambiente y de otros recursos naturales como el aire, agua y el suelo. (Arrecis, 2007)

Los árboles son recursos naturales renovables porque proporcionan beneficios a la humanidad y pueden regenerarse naturalmente o con la ayuda de los humanos. (MAGA, 2006)

24.6. Establecimiento de la plantación

24.6.1. Tipos de incentivos.

A continuación, encontrará información básica sobre dos de los incentivos más importantes del área forestal. En la Ley Forestal, sobre el Título VII, del artículo 71 al 86, están registradas todas las leyes sobre los distintos tipos de incentivos, en donde podrá encontrar información más a fondo. (Ley Forestal, 1996)

24.6.1.1. PINFOR: Programa de incentivos forestales.

De acuerdo al Decreto Legislativo 101-96, el Instituto Nacional de Bosques (INAB) y el Ministerio de Finanzas Públicas, tienen la responsabilidad de otorgar incentivos a los propietarios de tierras de vocación forestal que se dediquen a la ejecución de proyectos forestales.

De esa forma en 1997, surge el Programa de Incentivos Forestales, PINFOR, como una herramienta de la política forestal nacional de largo plazo, que tiene vigencia hasta el año 2017. (INAB, 2011)

El PINFOR tiene como objetivos:

- ✓ Mantener y mejorar la producción forestal sostenible, incorporando los bosques naturales a la producción económica productiva.
- ✓ Incorporar tierras de vocación forestal desprovistas de bosque a la actividad forestal, a través del establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales y/o la regeneración natural.
- ✓ Generar una masa crítica de bosques productores de materia prima, para el desarrollo de la industria forestal.
- ✓ Incentivar el mantenimiento y la creación de bosques para la generación de servicios ambientales. (INAB, 2011)

24.6.1.1.1. Áreas protegidas.

El PINFOR se ejecuta principalmente en áreas prioritarias, tomando en cuenta el índice de importancia forestal, la ubicación estratégica para recuperar ecológicamente áreas bajo fuerte presión y que cuenten con el apoyo de las municipalidades.

La atención del programa se centra principalmente en los siguientes departamentos: (INAB, 2011)

- ✓ Petén
- ✓ Alta y Baja Verapaz
- ✓ Izabal

24.6.1.1.2.¿Qué son los incentivos? Los incentivos son un pago en efectivo, que el Estado otorga al propietario de tierras de vocación forestal, por ejecutar proyectos de reforestación o manejo de bosques naturales. El incentivo se otorga una sola vez para la misma área de acuerdo al plan de manejo APROBADO por el INAB.

Tabla 80: Incentivos del PINFOR

AÑO	INCENTIVO (Q/ha)
0	5,000
1	2,100
2	1,800
3	1,400
4	1,300
5	800
TOTAL	12,400

Fuente: Elaboración propia con base en INAB, 2011.

24.6.1.1.3. Manejo de bosques para protección. También se otorgan incentivos para el manejo de bosques naturales con fines de protección, según la siguiente tabla:

Tabla 81: Incentivos por protección

ÁREA (ha)	MONTOS DE INCENTIVO DE PROTECCIÓN (Q)
<5	2,660.30 / ha Por hectárea
5<15	13,301.50 + 514.68 por ha adicional hasta 15 ha

Continuación de Tabla 81: Incentivos por protección	
ÁREA (ha)	MONTOS DE INCENTIVO DE PROTECCIÓN (Q)
15<45	18,448.30 + 207.43 por ha adicional hasta 45 ha
45<90	24,671.20 + 178.62 por ha adicional hasta 90 ha
>90	32,709.10 + 175.03 por ha adicional

Fuente: Elaboración propia con base en INAB, 2011.

24.6.1.1.4. Manejo de bosques naturales para producción. Para el manejo de bosques naturales con fines de producción se otorgará un incentivo anual por hectárea, hasta por cinco años, como se indica a continuación:

Tabla 82: Incentivos para producción

ÁREA (ha)	MONTOS DE INCENTIVO DE PROTECCIÓN (Q)
<5	2,807.04/ha Por ha adicional
5<15	14,035.20 + 581.65 por ha adicional hasta 15 ha
15<45	19,851.70 + 271.23 por ha adicional hasta 45 ha
45<90	27,988.60 + 188.18 por ha adicional hasta 90 ha
>90	36,456.70 + 190.98 por ha adicional

Fuente: Elaboración propia con base en INAB, 2011.

24.6.1.1.5. Regeneración natural. En la siguiente tabla se indican los montos de reforestación por regeneración natural:

Tabla 83: Incentivo por regeneración natural

AÑO	INCENTIVOS (Q/ha)
Establecimiento	Q3,800.00
Mantenimiento 1	Q1,400.00
Mantenimiento 2	Q760.00
Mantenimiento 3	Q500.00
Mantenimiento 4	Q310.00
Mantenimiento 5	Q660.00

Fuente: Elaboración propia con base en INAB, 2011.

24.6.1.1.6.¿Quiénes pueden participar en el PINFOR?. Los que pueden participar en el PINFOR, son:

- ✓ Pequeños, medianos y grandes propietarios
- ✓ Municipalidades
- ✓ Comunidades
- ✓ Grupos sociales organizados (INAB, 2011)

24.6.1.1.7. Requisitos de ingreso. En los siguientes pasos, encontrará los requisitos de ingreso y los pasos a seguir:

1. El área mínima de terreno para ingresar al PINFOR es de 2 ha. (3 manzanas), ubicadas en el mismo municipio, pertenecientes a uno o varios propietarios. El área máxima será determinada por el Estado y por los costos de producción.
2. Formulario de solicitud de información debidamente lleno.
3. Para los proyectos de reforestación adjuntar el formulario de calificación de tierras por capacidad de uso.
4. Plan de manejo de plantación o bosques naturales.
5. Declaración jurada del propietario, en la que declare que el área propuesta es verídica, indicando el método utilizado para su determinación (cinta y brújula, teodolitos, GPS).
6. Certificación de propiedad de la tierra, extendida en el Registro de la Propiedad Inmueble correspondiente.

7. Fotocopia de la constancia del Número de Identificación Tributaria (NIT) del propietario.
8. Fotocopia completa de Cédula de Vecindad del propietario.

9. Documento que exime de responsabilidad al INAB en caso de insuficiente asignación presupuestaria por parte del Estado. (INAB, 2011)

24.6.1.1.8. Certificación. Con base en la documentación presentada, el INAB revisará y dictaminará acerca de la aprobación del proyecto. Además, si el proyecto es aprobado, anualmente el INAB verificará en campo el cumplimiento de las actividades silviculturales y extenderá un certificado indicado el área certificada y el monto a incentivar. (INAB, 2011)

24.6.1.1.9. Pago del incentivo. El certificado extendido por el INAB le servirá al beneficiario para hacer efectivo el pago en el Ministerio de Finanzas Públicas en fechas programadas. (INAB, 2011)

En el INAB,, encontrará los Formatos y Formularios para el Ingreso al programa de PINFOR.

Figura 173: Bosque de área protegida de Guatemala

Fuente: http://200.30.150.38/

24.6.1.2. PINPEP: Programa de Incentivos para Pequeños Poseedores (as). El Programa de Incentivos para Pequeños Poseedores (as) de Tierras de Vocación Forestal o Agroforestal -PINPEP-, se propone con la finalidad de incrementar la cobertura de los propietarios de pequeñas extensiones de tierra en reforestación y manejo de bosques naturales; consistiendo en incorporar la participación de aquellos pequeños productores que tienen algún grado de dificultad para demostrar legalmente la propiedad de sus terrenos, mediante una certificación extendida por el Registro de la Propiedad de Inmueble, pero que sí pueden hacerlo mediante una certificación extendida por el Alcalde Municipal de la jurisdicción de la ubicación del terreno o mediante fotocopia autenticada de la Escritura de compraventa del inmueble correspondiente.

Los componentes del proyecto son: manejo de bosques naturales para protección o producción y establecimiento y manejo de plantaciones o sistemas agroforestales, todo esto en proyectos menores o iguales a 15 hectáreas de extensión para proyectos individuales y mayores de 15 hectáreas con la restricción que debe ser un grupo social organizado, integrado por varios pequeños productores.

Los propietarios de los proyectos de manejo de bosques naturales recibirán incentivos durante cinco años, de acuerdo con los montos de incentivos vigentes, mientras que los propietarios de proyectos de establecimiento y manejo de plantaciones o sistemas agroforestales recibirán incentivos para el año de establecimiento y dos años de mantenimiento.

La cobertura geográfica del proyecto comprende 79 municipios seleccionados bajo el criterio que son afectados por el hambre y la pobreza; pertenecientes a los departamentos de:

- ✓ Zacapa
- ✓ Chiquimula
- ✓ Baja Verapaz
- ✓ El Progreso
- ✓ Jalapa
- ✓ Jutiapa
- ✓ Chimaltenango

- ✓ Huehuetenango
- ✓ Quiché
- ✓ Sololá
- ✓ Totonicapán
- ✓ Quetzaltenango
- ✓ San Marcos. (INAB, 2011)

24.6.1.2.1. Objetivos del PINPEP

- Contribuir con el manejo forestal sostenible de los bosques naturales de los pequeños poseedores de tierras y con el establecimiento y manejo de sistemas agroforestales en 79 municipios de 13 departamentos afectados por el hambre y la pobreza; mediante el mecanismo de otorgamiento de incentivos forestales.
- Ampliar la participación de pequeños poseedores de tierras de vocación forestal en los beneficios de los incentivos forestales de manejo de bosques naturales, plantaciones y sistemas agroforestales.
- Fomentar la equidad de género mediante la participación de grupos de mujeres en el manejo de bosques naturales y en el establecimiento y mantenimiento de sistemas agroforestales.
- Generar empleo en el área rural por concepto de la ejecución de jornales necesarios para el establecimiento y mantenimiento de los proyectos de manejo de bosques naturales y plantaciones forestales.
- Fortalecer los procesos de participación del poder local en la toma de decisiones mediante coordinación con la Asociación Nacional de Municipalidades. (INAB, 2011)

24.6.1.2.2. ¿Quiénes pueden participar en el PINPEP?

- Las guatemaltecas y los guatemaltecos.
- Mujeres y hombres, poseedores de tierras de vocación forestal y agroforestal
- Los mayores de edad.
- Quienes se encuentren en pleno uso de sus derechos civiles.
- Proyectos individuales con una extensión no mayor de 15 hectáreas. (INAB, 2011)

24.6.1.2.3. Requisitos de ingreso

1. Solicitud de ingreso al PINPEP

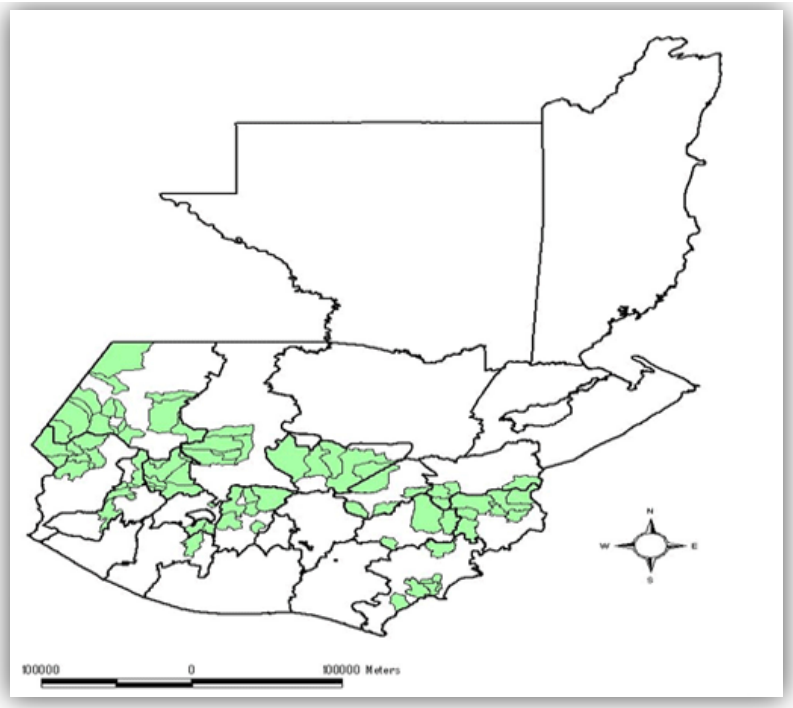
2. Documento que acredita la posesión de la tierra

3. Fotocopia de la cédula de vecindad o DPI de la interesada o interesado

4. Si es un grupo el que presenta la solicitud, deben de nombrar a un representante legal (hombre o mujer) responsable de realizar los trámites. Esta persona debe ser nombrada por medio de un mandato especial con representación u otro documento, atendiendo a la naturaleza jurídica de la organización del grupo.

5. Todos los proyectos (plantación, sistema agroforestal o manejo de bosque natural con fines de protección o producción), deberán presentar un plan de manejo forestal, de acuerdo a su modalidad. Si el proyecto es de manejo de bosque natural para producción, también deberá adjuntar la licencia forestal. (INAB, 2011)

Figura 174: Cobertura geográfica para proyecto PINPEP



Fuente: http://www.sifgua.org.gt

24.6.1.2.4. Manejo de bosques para protección. También se otorgan incentivos para el manejo de bosques naturales con fines de protección:

Tabla 84: Incentivos para protección

ÁREA (ha)	MONTOS DE INCENTIVO DE PROTECCIÓN (Q)
<5	2,660.30 / ha Por hectárea
5<15	13,301.50 + 514.68 por ha adicional hasta 15 ha
15<45	18,448.30 + 207.43 por ha adicional hasta 45 ha
45<90	24,671.20 + 178.62 por ha adicional hasta 90 ha
>90	32,709.10 + 175.03 por ha adicional

Fuente: Elaboración propia con base en INAB, 2011.

24.6.1.2.5. Manejo de bosques naturales para producción. Para el manejo de bosques naturales con fines de producción se otorgará un incentivo anual por hectárea, hasta por cinco años, como se indica a continuación:

Tabla 85: Montos de incentivo por protección

ÁREA (ha)	MONTOS DE INCENTIVO DE PROTECCIÓN (Q)
<5	2,807.04/ha Por ha adicional
5<15	14,035.20 + 581.65 por ha adicional hasta 15 ha
15<45	19,851.70 + 271.23 por ha adicional hasta 45 ha
45<90	27,988.60 + 188.18 por ha adicional hasta 90 ha
>90	36,456.70 + 190.98 por ha adicional

Fuente: Elaboración propia con base en INAB, 2011.

24.6.1.2.6. Montos de incentivos para plantaciones

Tabla 86: Incentivos por plantaciones

AÑO	INCENTIVOS (Q./ha)	INCENTIVO POR ÁRBOL
Establecimiento	5,000	Q4.50
Mantenimiento 1	2,100	Q1.89
Mantenimiento 2	1,800	Q1.62

Fuente: Elaboración propia con base en INAB, 2011.

24.6.1.2.7. Montos de incentivos para sistemas agroforestales

Tabla 87: Incentivos para sistemas agroforestales

AÑO	INCENTIVOS (Q./ha)	INCENTIVO POR ÁRBOL
Establecimiento	2,500	Q4.50
Mantenimiento 1	1,050	Q1.89
Mantenimiento 2	900	Q1.62

Fuente: Elaboración propia con base en INAB, 2011.

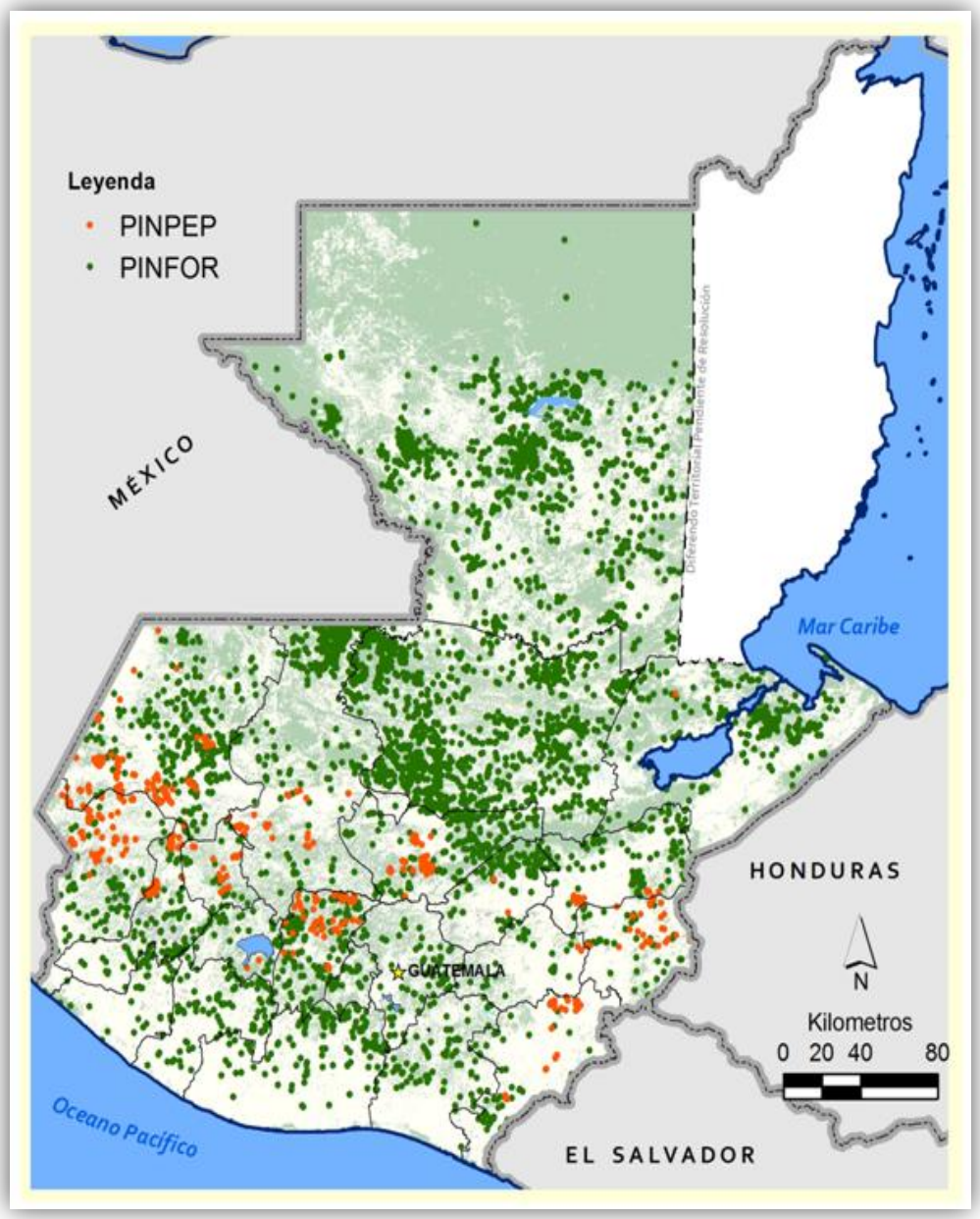
En el INAB, podrá encontrar los formatos y formularios para la solicitud de ingreso al PINPEP.

Figura 175: Árbol de Guatemala

Fuente: http://200.30.150.38/

24.6.1.3. Mapa de incentivos a nivel nacional. En la siguiente figura, se puede observar el mapa de Guatemala, en donde se tiene marcado con distinto color, los dos incentivos: PINFOR y PINPEP.

Figura 176: Mapa incentivos en Guatemala



Fuente: http://www.sifgua.org.gt

24.6.2. Viveros forestales: una alternativa de sostenibilidad forestal

Un vivero forestal es un área destinada a la producción de plantas forestales bajo condiciones controladas y objetivos definidos con el fin de plantar árboles que brinden posteriormente bienes y servicios.

Los viveros forestales son una alternativa para la recuperación de áreas sin bosque, frente a la perdida de cobertura forestal por problemas de deforestación, incendios forestales y sus consecuencias como pérdida de suelo fértil, erosión, desastres naturales y escasez de agua, entre otras. (MAGA, 2006)

En un vivero forestal, dependiendo de las especies que se desee para la reforestación, se producen plántulas de árboles que, dependiendo de sus características pueden propagarse de dos maneras:

Figura 177: Vivero forestal en Guatemala

Fuente: Elaboración Propia, 2010

- ✓ **SISTEMA SEXUAL**

Consiste en la propagación por medio de semillas, las cuales provienen del cruce de dos progenitores. Dependiendo de la capacidad de germinación de las semillas, estas se pueden plantar directamente en el lugar donde se espera crezca un árbol, pero generalmente requieren el cuidado para germinar que reciben en los viveros forestales. Para ello se emplean cajas germinadoras, bolsas de polietileno (plástico negro con agujeros), bandejas o tubetes.

- ✓ **SISTEMA ASEXUAL**

Consiste en propagar una especie por medio de segmentos del tallo, yemas, retoños, hojas, estolones, rizomas la cual recibe el nombre de propagación vegetativa. (Arrecis, 2007)

24.6.2.1. Pasos para el establecimiento del vivero. Para asegurar el éxito en la elaboración de un vivero forestal, es decir plantas sanas por plantar, se recomienda elaborar un cronograma de actividades tomando en cuenta le fecha en que se desea plantar.

En este sentido hay que considerar el inicio de la época lluviosa en cada región de Guatemala, la cual sería la mejor época para reforestar. Además se deberán tomar las respectivas precauciones para cuidarlas y darles un adecuado mantenimiento.

La producción de plantas forestales en un vivero es un proceso que requiere muchos cuidados, responsabilidad y experiencia, desde la selección de la semilla de calidad, pasando por hacer el trasplante, hasta la poda de raíces previa a sembrar las plantas.

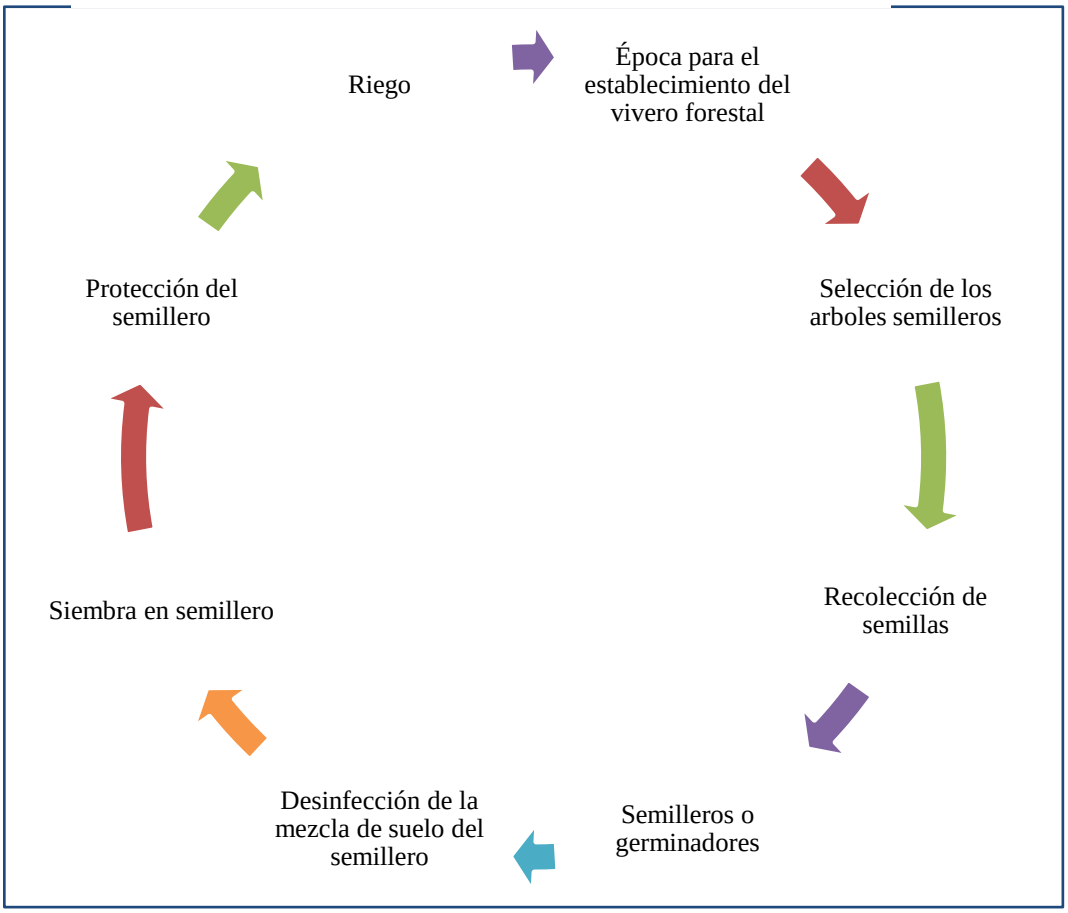
Por lo que se sugiere buscar la asesoría técnica de Viveristas Registrados por el INAB para realizar correctamente cada etapa y asegurar una alta calidad de los árboles.

Entre los elementos que se deben tener presentes para decidir el lugar donde se establece el vivero en condiciones controladas están: (Miller, 2002)

- ✓ Disponibilidad de agua
- ✓ Buen drenaje del suelo
- ✓ Que el suelo no se inunde
- ✓ De preferencia un área con relieve plano
- ✓ Libre de vientos fuertes
- ✓ Condiciones climáticas iguales a las zonas a repoblar
- ✓ Expuesta al sol
- ✓ El lugar del vivero este protegido de animales domésticos
- ✓ Fácil acceso para las personas
- ✓ Fácil acceso para vehículos (tomando en cuenta y considerando el posterior traslado de las plantas).

Los pasos para establecer el vivero son los siguientes:

Gráfica 4: Pasos para establecer un vivero forestal



Fuente: Elaboración propia con base en Arrecis, 2007.

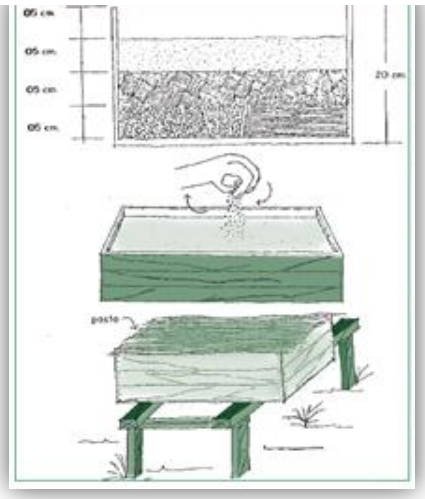
24.6.2.1.1. Época para el establecimiento del vivero forestal. Se recomienda iniciar las actividades de producción de plantas varios meses antes (dependiendo de la especie) para que estas estén disponibles en la época de lluvia, para su siembra en el terreno definitivo.

24.6.2.1.2. Selección de los árboles semilleros. Se deben elegir árboles sanos, con fustes y copas bien formadas de acuerdo con su especie, que sobresalgan de entre los demás, con pocos nudos en el fuste y con indicios de haber producido semillas con anterioridad.

24.6.2.1.3. Recolección de semillas. Se realiza directamente en el campo, por medio de semillas caídas, sacudimiento las ramas, aprovechando árboles talados o árboles en pie. Se recomienda que los frutos se recolecten poco antes de la maduración y cortar solo el o los frutos y no toda la rama, para evitar dañar el árbol. También se puede obtener semilla comprándola en instituciones que se dedican a la venta de las mismas.

24.6.2.1.4. Semilleros o germinadores. Estos pueden hacerse con cajas de madera o bien en tablones directamente en el suelo. Al tener fabricada la caja para el semillero se debe colocar la parte de abajo piedrín o arena gruesa (5 cm de espesor), seguido se echa una capa de tierra negra del lugar (5 cm de espesor) y por último se coloca arena blanca cernida (5 cm de espesor).

Figura 178: Construcción de semilleros



Fuente: Arrecis, 2007.

24.6.2.1.5. Desinfección de la mezcla de suelo del semillero. Para evitar que aparezcan plagas y enfermedades producidas por hongos, bacterias, nematodos e insectos, el suelo debe ser tratado con:

- Insecticidas, fungicidas y nematicídas químicos con 3 a 5 días de anticipación. Se recomienda que se busque información con viveristas certificados, tanto para la selección, como por las medidas de precaución en su manejo.
- Productos orgánicos (quemar estiércol de vaca u otro animal revolverlo con paja, después, al estar frio se pica y nivela y ya se pueden sembrar semillas).

- Se puede desinfectar el suelo donde se van a plantar las semillas, agregándole agua hirviendo (un galón por cada metro cuadrado) y sembrar al enfriarse el suelo así desinfectado.

24.6.2.1.6. Siembra en semillero. Es el paso de depositar directamente la semilla al semillero. Dependiendo del tamaño de la semilla se pueden usar dos técnicas:

- Si la semilla es muy pequeña se echan "al voleo" esparciéndolas homogéneamente. Esta técnica consiste en echar con la mano la semilla sobre toda la superficie del germinador y luego se coloca encima una capa de arena blanca cernida de unos 3 milímetros de espesor.
- Si la semilla es más grande y se puede tomar de una en una entre los dedos se usa la técnica "por postura", que consiste en colocar las semillas de una en una sobre el germinador con una estaca, teniendo el cuidado de que no queden muy profundas (doble de su diámetro). Las semillas se pueden sembrar en la caja, en surcos cada 5 o 10 cm. si son muy grandes (como el café).

24.6.2.1.7. Protección del semillero. Hay que tener presente que durante los primeros días de desarrollo de las plántulas es necesario cubrir el germinador con una cubierta protectora hecha con paja, pasto seco o zacate limpio y sin semillas. Esto es indispensable para evitar el golpe directo del agua de riego o de la lluvia sobre las semillas, la evaporación y para que el Sol no las queme y se protejan las semillas del frio de la noche. Cuando las semillas han germinado en un 80% debe eliminarse la cubierta protectora.

24.6.2.1.8. Riego. Se recomienda utilizar una regadera para que el agua caiga suave sobre el semillero. Cuidar que el suelo quede bien húmedo, pero no encharcado y que no se destapen las semillas. (Arrecis, 2007)

24.6.2.2. Recomendaciones finales sobre viveros. Como recomendaciones finales, se tienen los siguientes:

- ✓ Preparar el terreno, si lo necesita con alguna estructura de conservación de suelos.
- ✓ Al momento del trasplante, colocar perfectamente la plántula, las raíces no deben quedar dobladas o torcidas.
- ✓ Deben hacerse los riegos necesarios para que el suelo permanezca húmedo. Pero si se riega mucho se formara una costra musgosa encima de la bolsa que hay que romper. La humedad se revisa en el fondo de la bolsa.

- ✓ Mantener limpio el vivero de malezas, para ello regar antes de arrancar las malezas para que sea más fácil sacarlas y no se dañe a la planta forestal.
- ✓ Periódicamente seleccionar (sacar las plantitas en malas condiciones) y ordenarlas de acuerdo a su tamaño. Las plantas forestales con mayor crecimiento serán los primeros en llevarse a sembrar. Un mes antes de sembrar las plantas forestales en el terreno, mover las bolsas para podar raíces. (Fitzgerald, 1989)

24.6.2.3. Registrarse como un vivero forestal. Para poder cumplir con la Ley Forestal, se debe estar registrado en el Registro de Viveros Forestales del INAB. Para realizar el registro, debe| llenar un formulario. Este formulario lo podrá encontrar en el Apéndice "Capítulo 24".Y presentar los siguientes documentos:

- ✓ Formulario debidamente lleno e Informe técnico que será practicado de oficio por orden de la Dirección Regional o Subregional correspondiente
- ✓ Fotocopia de la patente de comercio autenticada con la especificación clara del objeto del negocio como actividad agrícola o forestal, dirección exacta del sitio de funcionamiento
- ✓ Si es un vivero comunal o municipal, presentar constancia extendida por el alcalde municipal o autentificado por notario, que los acredite como tales y Fotocopia de Cédula de Vecindad del propietario o representante legal, en su caso con fotocopia de su respectivo nombramiento. (SIFGUA, 2011)

25. ESTUDIO DE CAPACIDAD DE USO DE TIERRA

25.1. Inventario forestal

El inventario es el procedimiento de cuantificación y calificación de la masa forestal, que permite obtener información suficiente para determinar el mejor tratamiento que se debe dar al bosque. Es el método más utilizado para medir, registrar y procesar datos del bosque; con el propósito de obtener información de la cantidad y calidad de los árboles y características del área boscosa. Para realizar un inventarioforestal es necesario considerar los siguientes principios: (INAB, 2001)

- ✓ La información que se debe colectar en cada subdivisión de muestreo, así como su extensión y ubicación, debe ser la mínima necesaria para operar la función de producción.
- ✓ La medición incluirá todos los datos conducentes a la estimación del rendimiento y para la planificación de las labores silvícolas.
- ✓ Se deben cuantificar los factores de producción necesarios en las labores silvícolas y los impactos posibles ecológicos.

25.1.1. Clasificación de los inventarios según la forma de tomar datos

- ✓ Inventario totales o al 100%: es cuando todas las unidades de la población son medidas.
- ✓ Por muestreo: se toman como base los datos obtenidos de una porción para inferir los datos del total de la población. Los inventarios por muestreo se pueden clasificar por:
    - Inventario por muestreo sistemático
        - Con parcelas de tamaño fijo
        - En fajas
        - Por conglomerados
        - Con parcelas de tamaño variable
    - Inventario por muestreo al azar
        - Con parcelas de tamaño fijo
        - En fajas

- Por conglomerados
- Con parcelas de tamaño variable

En los inventarios al azar o sistemáticos, normalmente se estratifica o rodaliza. La población se divide en estratos, sub poblaciones o rodales y se selecciona una muestra de cada estrato en forma sistemática o al azar según sea el caso.

25.1.2. Plan de aprovechamiento forestal.El manejoforestal sostenible significa implementar en una propiedad forestal, un conjunto de actividades que tienen por objeto la protección, aprovechamiento, restauración de bienes y servicios en general; la conservación de los recursos forestales, de tal manera que se respete la integridad de las funciones que desarrollan los bosques y las capacidades de carga de los ecosistemas a los que se integran, asimismo se logren los beneficios económicos y sociales. (INAB, 2001)

Los bienes son los productos que se obtienen a través del aprovechamiento directo en el bosque tales como:

- ✓ Madera para la construcción y la industria en forma de trozas, tablas, postes, leña para cocer los alimentos y otros usos.
- ✓ Resinas.
- ✓ Alimento para personas y animales de las hojas, tallos, frutos, flores, hongos.
- ✓ Remedios por el uso de plantas medicinales.
- ✓ Plantas y hojas para decoración.
- ✓ Abonos como la broza.

El bosque proporciona diferentes servicios entre los que podemos mencionar:

- ✓ Eliminando el Bióxido de Carbono (CO_2), para mitigación del cambio climático.
- ✓ Regula el ciclo del agua, reteniendo el agua de lluvia, favorece la filtración y disminuye la cantidad de agua que escurre por el suelo.
- ✓ Protege el suelo de la erosión, derrumbes y deslizamientos.
- ✓ Sirve de vivienda a la fauna silvestre, mantiene la diversidad de otras especies vegetales y animales.

El manejo forestal sostenible se debe aplicar debido a que todos los seres humanos necesitamos de los bosques para obtener bienes o productos y para poder beneficiarnos de sus servicios.

Todo lo relacionado al aprovechamiento de los bienes y servicios del bosque tiene su origen en la forma de cómo se desarrollan los seres vivos, un árbol es un ser vivo. Un ser vivo es un organismo que nace, crece, se reproduce y muere. El manejo forestal busca dirigir el crecimiento de los árboles y su utilización antes de que éstos mueran, para que las personas se beneficien de los productos que los árboles puedan proporcionar.

25.2. Estudio de capacidad

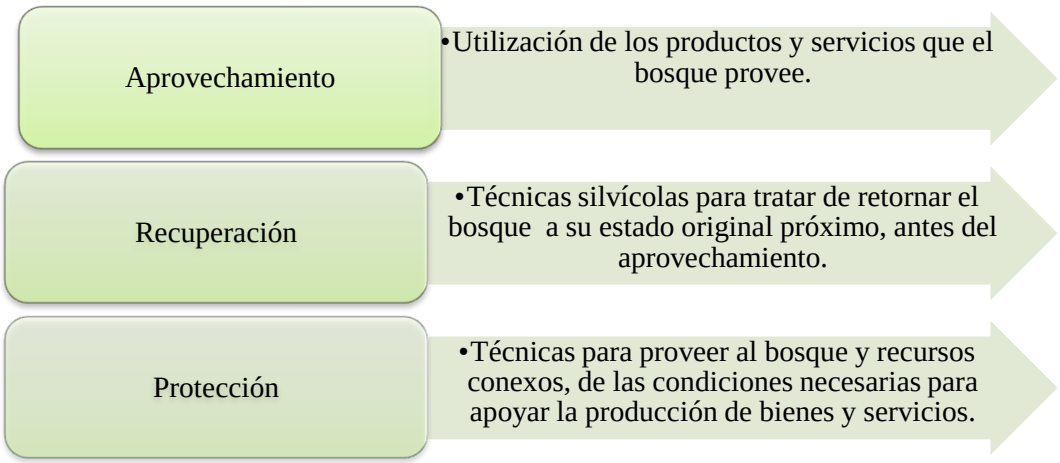
25.2.1. Plan de manejo forestal.

El manejo forestal sostenible es aprovechar los productos y servicios del bosque, para beneficiar económica, social y ambientalmente a los propietarios, a las poblaciones aledañas y a la sociedad en general. El manejo forestal es el aprovechamiento sostenible de los productos deseados y de los servicios ambientales que provee el bosque, sin reducir sus valores inherentes ni su productividad futura. En otras palabras, el manejo forestal puede ser definido como la planificación y la ejecución del aprovechamiento, recuperación y protección del bosque. (INAB, 2001)

25.2.1.1. Manejo forestal.

Según Arrecis (2007), el manejo forestal es el conjunto de técnicas y labores que se realizan dentro del bosque natural o plantado para mejorar su crecimiento, desarrollo, calidad y productividad. Se debe realizar cada cierto tiempo cuando se vea en la necesidad y las primeras veces que se realiza, se recomienda contar con la asesoría de un técnico forestal.

Gráfica 5: Manejoforestal



Fuente: Elaboración propia, 2011.

Para lograr lo anterior, es necesario que el manejo de los bosques naturales se realice de tal forma que sea económicamente rentable, socialmente viable y ambientalmente sostenible. En la práctica, el manejo forestal es una secuencia de toma de decisiones por parte del administrador forestal, orientadas a alcanzar la sostenibilidad en el uso del recurso. La secuencia de decisiones en el proceso del manejo forestal, se fundamenta con la información recopilada en el campo, a través del inventario forestal que es la caracterización de la situación del bosque, posteriormente se interpreta la caracterización para definir la capacidad productiva, a través de la determinación de la corta permisible (diagnóstico), y finalmente la elaboración del documento técnico que sirva de guía de la intervención del bosque (planificación del manejo). (INAB, 2001)

El plan de manejo es el instrumento directriz de la intervención del bosque, es un documento que presenta la información suficiente para guiar el manejo del bosque para su ordenación. Contiene información referente a la división natural y administrativa del bosque, el inventario, la corta permisible y la planificación de actividades en el período del plan. En pocas palabras el plan de manejo es el instrumento que le sirve al propietario como medio de producción y conservación del bosque. El plan de manejo es la base en la que se sustenta la intervención forestal de la finca, por parte del propietario de la misma, del Regente forestal y de la Administración Forestal del Estado.

Se espera que el plan de manejo:

- ✓ Defina una estrategia de conservación y desarrollo del bosque.

- ✓ Determine los límites y extensión forestal sometida a régimen de manejo.
- ✓ Determine el valor del bosque, con base en el conocimiento de su volumen, incremento anual, productos forestales y rentabilidad.
- ✓ Determine la corta permisible para el período del plan.
- ✓ Indique las áreas que se intervendrán y los tratamientos que se aplicarán durante el período del plan.
- ✓ Genere información necesaria para la supervisión y evaluación del área sujeta a manejo.

25.2.2. Contenido de un plan de manejo.

La Ley Forestal, en su artículo 48 establece la información mínima que debe contener un plan de manejo que es:

- ✓ Descripción biofísica de la propiedad.
- ✓ La superficie con bosque.
- ✓ Tipo y clase de bosque.
- ✓ Área a intervenir.
- ✓ Áreas de protección.
- ✓ El volumen a extraer.
- ✓ El sistema de corte.
- ✓ El crecimiento anual del bosque y su posibilidad de corte.
- ✓ La recuperación de la masa forestal.
- ✓ Las medidas de prevención contra incendios forestales.
- ✓ El tiempo de ejecución.

25.3. Cumplimiento del plan

Según el INAB (2001), después del aprovechamiento se debe repoblar de manera inmediata. La repoblación, es el proceso de reposición del bosque mediante la plantación o regeneración natural de nuevas plantas obtenidas de un vivero o de semilla esparcida por árboles que quedaron en pie, luego del aprovechamiento. La repoblación o reforestación debe hacerse en la estación lluviosa más inmediata después del aprovechamiento; de preferencia, usar las mismas especies que las aprovechadas, y prodigarles una serie de cuidados, para lograr el crecimiento y desarrollo de los nuevos árboles hasta llegar a su etapa de bosque maduro.

Un buen crecimiento y desarrollo de la plantación o regeneración natural se logra mediante la utilización de una rama de las ciencias naturales llamada Silvicultura. La Silvicultura es el arte y ciencia de la producción de bosques, ésta se basa en la observación del comportamiento de los bosques naturales. Las y los silvicultores a través de la historia, se han dedicado a observar cómo crecen y se desarrollan los bosques naturales, para tomar esos ejemplos y aplicarlos en las nuevas plantaciones o regeneraciones naturales.

25.3.1. Medidas de protección.

25.3.1.1. Prevención y protección contra incendios.

Los incendios forestales ocupan el primer lugar entre los agentes destructivos y son los que mayor daño ocasionan al bosque. Los incendios forestales pueden ser de origen natural que generalmente suceden por descargas eléctricas, o pueden ser originados por actividades humanas. La mayoría de los incendios son causados por actividades del ser humano como el descuido, fogatas no apagadas en su totalidad, fuegos intencionados, quemas agrícolas mal controladas, cigarrillos y fósforos encendidos que son lanzados al bosque, o la práctica de la roza. (Arrecis, 2007)

Los incendios forestales pueden causar destrucción total o parcial a los árboles jóvenes, destrucción de semillas y plántulas que son las futuras generaciones de los árboles, empobrecimiento del suelo, destrucción de los bosques que son protectores del agua, pérdida del hábitat para la fauna y la flora silvestres y una aceleración o aumento del ataque de plagas y enfermedades.

Los incendios forestales pueden ser de diferentes tipos:

- ✓ Incendios superficiales: son los más comunes, estos actúan sobre la capa de humus, vegetación herbácea, árboles pequeños y otro material orgánico que exista en el suelo.
- ✓ Incendios de copa: son los que actúan quemando la copa de los árboles y por ende el follaje se destruye totalmente y los árboles mueren por sobrecalentamiento. El factor determinante en estos incendios es el viento, ya que de él depende la velocidad de propagación del fuego.
- ✓ Incendios subterráneos: son aquellos que se producen por debajo de la superficie del suelo, por la acumulación de materia orgánica. Generalmente el fuego produce poco humo y se propaga por debajo de la superficie.

Los incendios forestales se pueden prevenir por medio del cumplimiento de disposiciones legales, educación de los habitantes y la reducción del riesgo de incendios. La prevención más efectiva de incendios forestales, es la educación de las personas de la localidad y de quienes visitan las áreas del bosque. Una buena medida de prevención es realizar una limpieza de brechas cortafuegos alrededor de la parcela para evitar la propagación de los incendios forestales. Esta tarea se hace periódicamente para evitar que las malezas puedan ser pasto para las llamas en caso de un incendio y de esta manera permitir que las brechas funcionen como una barrera.

25.3.1.2. Prevención y control de enfermedades.La mayoría de las enfermedades forestales son causadas por hongos, como la roya del pino. La humedad y la temperatura influyen en su desarrollo y la composición y manejo del bosque tienen mucho que ver en la ocurrencia de las enfermedades. En las plantaciones homogéneas, se pueden originar enfermedades cuando no se efectúan podas y raleos, o cuando se tienen prácticas deficientes de explotación.

Las enfermedades se pueden prevenir por medio de la aplicación adecuada de prácticas silviculturales y evitar daños mecánicos o incendios forestales. Las podas y raleos efectuados de una manera adecuada también ayuda a prevenir las enfermedades. El control químico de los hongos que causan las enfermedades se limita a la aplicación de fungicidas en el vivero. En los bosques se emplea el control mecánico que es talar y quemar los árboles que estén enfermos.

25.3.1.3. Prevención y control de plagas.Las plagas se dan cuando insectos y roedores causan daños físicos a las raíces, corteza, hojas y frutos de los árboles y a los bosques. Dependiendo del tipo de bosque, algunas plagas también generan pérdidas económicas. Las plagas se originan en el momento que sucede un desequilibrio en el bosque como los cambios en las condiciones del clima, tipo de bosque, calidad del suelo y su manejo, lo que puede dar como resultado un aumento rápido de insectos dañinos. La principal plaga según Arrecis (2007), que afecta a los bosques de coníferas en Guatemala es el “gorgojo del pino, que es un insecto muy dañino. Por otro lado, los bosques latifoliados son afectados por la larva de una mariposa “el barrenador del cedro y la caoba”.

Las plagas pueden ser prevenidas por medio de un control sanitario muy estricto y mediante buenas prácticas forestales. Los árboles débiles, moribundos y muertos, son focos de propagación

de insectos y deben ser talados. Descortezar los troncos y el corte de árboles al nivel del suelo, son prácticas que previenen el desarrollo de poblaciones de insectos. Cuando un bosque está infectado por una plaga, se debe hacer un manejo por medio del control mecánico, químico, biológico o usando un control integrado.

- ✓ Control mecánico: consiste en eliminar los árboles o sus partes afectadas. El material se corta, se apila y se quema en el mismo lugar para evitar el traslado de la plaga.
- ✓ Control químico: implica combatir la plaga con plaguicidas químicos o naturales como el té de apazote ahuyenta a las hormigas y zompopos.
- ✓ Control biológico: consiste en utilizar plantas o predadores naturales de las plagas que atacan a los árboles. Los nematodos que atacan las larvas de una avispa que hace galerías en la madera del pino son un buen ejemplo de este tipo de control.
- ✓ Control integrado: es llamado manejo integrado de plagas. Evita el uso de agroquímicos y emplea varios métodos a la vez de manera permanente para controlar las plagas.

Figura 178: Roya del Pino

Fuente: Arrecis, 2007.

25.3.1.4. Protección contra pastoreo.El sobrepastoreo se puede definir como la práctica agrícola deficiente, en la cual el ganado ya sea bovino, caprino, ovino o caballar, se alimenta del pasto sin dejar tiempo de reposición y genera procesos de erosión del suelo.

25.4. Parcelas de muestreo

El muestreo consiste en realizar una selección de una parte de la población, expresada en parcelas o unidades de muestreo. El total de parcelas seleccionadas con algún procedimiento adecuado forma la muestra. (INAB, 2001)

25.4.1. Error de muestreo.Para su cálculo previamente se debe realizar un premuestreo, para la obtención de estimadores estadísticos, como la media, la desviación estándar, el coeficiente de variación, el error estándar de la media muestral. (INAB, 2001)

25.4.2. Mediciones.Se debe tomar muy en cuenta el tamaño y la forma de las parcelas o unidades de muestreo. A continuación se describirán estos temas de importancia técnica.

25.4.2.1. Tamaño.El tamaño de las parcelas más utilizadas se encuentran en un rango entre 25 y 1000 m^2. Para elegir el tamaño de la parcela se deben considerar tres factores muy importantes:

25.4.2.1.1. Representatividad de la parcela. Se refiere a que la variación del bosque esté representada en la parcela; en parcelas más grandes, la variabilidad o la medida por el coeficiente de variación es menor que en las parcelas pequeñas.

25.4.2.1.2. Estado de desarrollo de la población a muestrear.En la planificación forestal, el inventario constituye el mayor costo del proceso, por lo que en la determinación del tamaño de las parcelas se debe considerar el tiempo que implica la toma de datos, sin que ello vaya en menoscabo de la precisión de la información.

25.4.2.1.3. Tiempo de medición. La principal guía para elegir el tamaño de parcela es que ésta sea tan grande como para incluir un número representativo de árboles, pero que sea lo suficientemente pequeña de modo que el tiempo de medición requerido no sea excesivo.

25.4.2.2. Forma.Las formas más utilizadas son la circular, cuadrada y rectangular. Entre ellas, la circular ha prevalecido por su facilidad de ejecución en campo ya que

solamente es necesaria una cinta métrica, y debido a que teóricamente para una misma superficie, la circular tiene menor perímetro y por consecuencia menor número de árboles límites. Estos árboles límites son una fuente de error en las mediciones de campo. En los siguientes cuadros se indican valores de superficie, radios y lados para diferentes formas y tamaño de parcelas. Para establecer parcelas cuadradas y rectangulares se necesita además de una cinta métrica, una brújula para medir los ángulos de 90°.

En el siguiente cuadro se indican los valores de superficie, radios y lados para diferentes formas y tamaño de parcelas.

Tabla 88: Dimensiones de parcelas según el tamaño y la forma

CIRCULAR		CUADRADA		RECTANGULAR	
Superficie en m^2	**Radio**	**Superficie en m^2**	**Radio**	**Superficie en m^2**	**Radio**
1,000	17.84	**1,000**	31.62	**1,000**	50 x 20
900	16.92	**900**	30.00	**900**	45 x 20
800	15.93	**800**	28.28	**800**	40 x 20
500	12.62	**500**	22.36	**500**	25 x 20
200	7.98	**200**	14.14	**200**	20 x 10
50	3.99	**50**	7.07	**50**	10 x 5

Fuente: INAB, 2011.

25.5. Prácticas de manejo de bosque natural

Según Gordon, es importante analizar las características biológicas y socio-económicas que poseen los bosques naturales y tener presente que cada una de éstas características es diversa en cada bosque natura. Algunos factores que hacen que el manejo del bosque natural sea una opción de mucho beneficio son:

- ✓ Terreno empinado: los remanentes y parches de bosque natural que quedan en paisajes agrícolas se encuentran con frecuencia en los terrenos más empinados de la finca. La conservación del suelo en estas partes solo se puede lograr bajo cobertura arbórea. En tales casos la conversión de bosque natural no es apropiada, por lo que se recomienda un adecuado y atractivo manejo de los mismos.

- ✓ Prohibición de conversión de bosque: en muchos casos se prohíbe por ley la conversión de bosque natural, dejando abierto su manejo sostenible como la única opción.
- ✓ Inversión baja/ganancia rápida: el manejo de bosque maduro, es decir bosque primario o secundario, no necesita de alta inversión inicial ya que hay árboles de tamaño y madera comerciales. En cambio la plantación de árboles representa una inversión a largo plazo. Para productores que carecen de capital, este punto es muy importante y su interés primario está en lo que un sistema productivo pueda ofrecer de inmediato, no en unos 20 años.
- ✓ Uso de mano de obra: aunque el manejo de bosque natural no es una forma intensiva del uso de suelo, puede representar una buena inversión de mano de obra. O sea, las operaciones necesarias para el manejo ocupan relativamente pocos días de trabajo por unidad de tierra. Además, muchas veces es posible realizar estas operaciones durante las épocas del año en que menos se necesita la mano de obra para otras actividades.
- ✓ Diversificación de la producción: el manejo de bosque natural aumenta la seguridad productiva por diversificar la producción, al incluirlo entre los sistemas productivos de la finca.
- ✓ Fortalecimiento de la tenencia: se sigue pensando en el bosque natural como tierra no ocupada. Los propietarios de bosque en zonas de presión poblacional, o donde no hay mano de obra suficiente para formas de manejo más intensivas, pueden fortalecer la tenencia por "poner a trabajar" la tierra. El manejo del bosque puede ser una manera de hacerlo aún con relativamente poca inversión de mano de obra y capital. No todos estos factores tienen que ver con el sencillo incremento de ganancias. Los productores y las comunidades rurales responde a varias necesidades y deseos, a los cuales el manejo de bosque natural es capaz de responder.

Todo lo mencionado anteriormente son las metas del productor y de la comunidad y depende de la capacidad ecológica del bosque natural. Sin embargo se deben tomar otros aspectos o factores que son de mucha importancia en la planificación del manejo del bosque natural.

25.5.1. La tenencia.El manejo del bosque natural requiere de planificación a largo plazo. Por eso el tipo de tenencia afecta al manejo. Si el productor no está seguro de que los productos futuros le vayan a pertenecer, no querrá invertir recursos en el manejo del bosque

natural. Es importante tomar en cuenta que no se pueden detallar todos los efectos de la relación entre bosque natural y tenencia. Sin embargo es importante mencionar algunas generalidades.

Bajo la tenencia privada de jure, el terreno tiene un solo propietario y este hecho es reconocido por la ley. En esta situación existen varias posibilidades de que el propietario decida manejar el bosque con la confianza de que sacará provecho de los productos futuros. Bajo tenencia privada de facto, una situación común en la frontera agrícola, no se reconoce el propietario legalmente y existe menos seguridad en el futuro. En este caso, los extensionistas deben cuestionarse si el manejo del bosque es una opción realista o no. Además, la tenencia de jure es con frecuencia un requisito de la aprobación legal de planes de manejo forestales.

Los sistemas de tenencia comunales son más complicados. Los extensionistas deben estar seguros de que la decisión de mantener y manejar bosque natural es aprobada por toda la comunidad y deberían trabajar con el sistema de toma de decisiones comunitario reconocido por todos los interesados. Sin embargo, es la misma tenencia comunal que previene a veces la conversión de áreas extensas de bosque natural a la agricultura. La tenencia se complica en las áreas en las cuales el derecho de utilizar el suelo para fines agrícolas se separa del derecho de utilizar los árboles.

25.5.2. La capacidad técnica.El manejo de bosque natural cuando se hace específicamente para producir madera, es una actividad muy compleja que necesita de especialistas diferentes. Esta actividad depende del técnico foresta ya que en la mayoría de veces es el encargado de establecer contacto y comunicación con el productor, el extensionista y las instituciones involucradas en el tema. En la mayoría de las ocasiones la especialización del técnico forestal tiene importancia en el buen manejo forestal debido a la complejidad de los bosques tropicales, la ley forestal y la maquinaria que se debe utilizar en el aprovechamiento forestal. Por el contrario, cuando se produce leña, postes y tablas para el consumo personal, el uso del bosque puede llevarse a cabo por los productores y sin necesidad de una asistencia externa.

25.5.3. El mercado. Cuando se desea vender productos obtenidos del bosque natural, se debe conocer el mercado, sin embargo se debe tomar en cuenta que no todos los bienes y servicios que se obtienen del bosque se destinan al mercado. Aunque un bosque natural

contenga un gran volumen de madera, su manejo podría no ser rentable si no hay mercado para ella, o si el costo de transporte al punto de ventas es demasiado alto. Adicionalmente, muchas especies de árboles no son competentes localmente ya que aunque sean de mejor calidad, sus costos son elevados, por lo que no son bien recibidos por el mercado. Por lo tanto se deben tener expectativas reales para el mercado del bosque natural. Sin embargo en Centro América actualmente los mercados aceptan un rango de maderas que es cada vez más amplio, debido a que las fuentes locales de maderas finas están agotándose con rapidez.

25.5.4. El marco legal.

A pesar de las diferentes reglas que existen en el sector forestal, es difícil encontrar una forma de control legal sobre la tala de árboles. El control sobre el manejo de bosque natural es más estricto que el control sobre árboles de plantaciones, es por ello que los extensionistas deben conocer las consecuencias legales de proponer el aprovechamiento forestal y la venta de madera. Normalmente los requisitos legales se cumplen en el momento de la aprobación de un plan de manejo forestal, que es el documento clave en la planificación del manejo de bosque natural. Sin embargo se tiene la costumbre por parte de muchos productores, de talar o podar árboles para la obtención de leña y construcción casera dentro de sus propias comunidades sin pedir permiso a las instituciones que están involucradas con el tema.

25.6. Prácticas de manejo de plantaciones

El manejoforestal son las técnicas y labores que se realizan dentro del bosque natural o plantado para mejorar su crecimiento, desarrollo, calidad y productividad. Es necesario contar con la asesoría de un técnico forestal para su desarrollo.

25.6.1. Raleos

25.6.1.1. Descripción.

Es una práctica silvicultural, que consiste en reducir el número de árboles en una plantación forestal, con el objetivo de concentrar el mayor crecimiento en los mejores individuos, los cuales no presentan defectos de forma, enfermedades, crecimientos bajos, entre otros. (Vaides, 2007)

Un raleo es una actividad que se debe realizar en los primeros años de vida de la plantación forestal. Consiste en cortar y aprovechar los árboles torcidos, enfermos y aquellos que no se desarrollaron adecuadamente, o también se realiza cuando las copas de los árboles se ven reducidas por la competencia de luz y espacio, esto se puede identificar cuando se observan las

ramas entrelazadas. El raleo tiene como propósito aumentar el espaciamiento para que los árboles de mejores características puedan recibir una mayor cantidad de luz y nutrientes. (Arrecis, 2007)

La cantidad de raleos que se lleven a cabo en una plantación depende del producto final que se desea obtener y del objetivo de la plantación. Si el objetivo es la producción de biomasa, se requieren pocos raleos, debido a que lo que se necesita es cantidad de volumen sin ninguna dimensión prevista. Por el contrario si se necesita producir madera de calidad, se debe programar un número de raleos que permita llegar a la corta final, con el número ideal de árboles, con las dimensiones necesarias para la producción. Se recomienda en algunos casos para la producción de madera, dejar en buenos sitios hasta un máximo de 250 árboles por hectárea en la cosecha final.

Cuando se definen los raleos se debe tomar en cuenta que un sitio forestal tiene la capacidad de soportar cierta cantidad de árboles o cierta cantidad de volumen, es por ello que se debe tomar la decisión de producir una gran cantidad de árboles de diámetros pequeños o pocos árboles de diámetros grandes.En el momento en que se tiene una gran cantidad de árboles conviviendo en un pequeño espacio, se obtiene como resultado árboles de diámetros pequeños, nos deseables para la producción de madera, debido a que todos están compartiendo el mismo alimento presente en el suelo, la misma cantidad de agua en el suelo y en la atmósfera y casi la misma cantidad de luz y oxígeno del ambiente. En una plantación bien manejada, se designa eliminar individuos no deseados, dejando únicamente árboles que se desarrollan bien, con diámetros grandes y que son ideales para la industria de aserrío.

Los árboles con mejor crecimiento, requieren de copas medianas o grandes, que les permite tener el follaje suficiente para obtener energía y alimento. En plantación que no están raleadas, las copas se reducen por el espacio, teniendo como resultado árboles con copas pequeñas, donde la cantidad de follaje es pequeña que no permite una adecuada absorción de energía y alimento.

25.6.1.2. Intensidad y momento oportuno para realizar un raleo.Muchas veces surge la pregunta de cuándo y con qué intensidad hay que efectuar el raleo, es importante mencionar que no se puede definir en qué año se debe de efectuar el raleo, debido a que esto depende de la calidad de sitio donde esté plantada la reforestación y la especie que se está trabajando. Es por ello que se debe definir el raleo en el momento en el que se alcanzan algunos

estándares en algunas variables como la altura que es la variable que menos se ve influenciada por el manejo de las plantaciones, es un buen parámetro para predecir cuándo ralear.

Existen dos momentos oportunos para efectuar el primer raleo en plantaciones forestales:

- ✓ En plantaciones que se establecieron inicialmente, a un distanciamiento de 2m * 2m (2500 árboles/hectárea) se recomienda ralear el 50% de los árboles, cuando la plantación alcance unos 4 o 5 metros de altura total promedio.

- ✓ En plantaciones que se establecieron inicialmente, a un distanciamiento de 3m * 3m (1111 árboles/hectárea) se recomienda ralear el 50% de la plantación, cuando la plantación alcance los 6 u 8 metros de altura total promedio.

Las características importantes para decidir cuándo hay que efectuar un raleo oportuno están dadas por la dinámica del rodal, lo cual indica que no hay que dejar que la plantación entre en lo que se conoce como recesión de copas y que la relación altura/diámetro no supere drásticamente el valor de 100. Cuando se realiza un raleo, se reduce el área foliar del rodal, y por ende, la fotosíntesis. Como resultado la producción total de la plantación baja temporalmente. Después que los árboles remanentes respondan a las condiciones más favorables dentro del rodal, se da un resurgimiento en el crecimiento total del volumen.

La producción en volumen dentro de un rodal raleado y uno sin raleo es casi igual, una vez que los árboles remanentes ocupan el sitio. En varios estudios se ha determinado que el volumen total al final del turno no varía mucho entre rodales con y sin raleo, sin embargo que el volumen utilizable para madera de aserrío aumenta mucho en un rodal raleado oportunamente.

25.6.1.3. Métodos de raleo.Existen dos métodos de raleo, los raleos selectivos en los que se debe inspeccionar cada árbol en un rodal para decidir cuáles individuos se van a eliminar y cuales se dejan. En plantaciones manejadas para producir madera de aserrío, es importante favorecer árboles vigorosos y de buena forma al efectuar el raleo, en Guatemala la mayoría de especies prioritarias tienen árboles muy variables en crecimiento, forma y estado sanitario por lo que se recomienda el raleo selectivo. Los raleos sistemáticos, en los que se sigue un esquema preestablecido en el cual la calidad de los árboles no es considerada, en este tipo de raleos no se toman en cuenta las variaciones de crecimiento, forma y estado sanitario; los árboles

deformes y enfermos se dejan en las hileras no raleadas, mientras que individuos superiores y de buena forma se cortan en las hileras tumbadas. Es por ello que se recomienda en Guatemala utilizar un raleo selectivo ya que es más apropiado. (Vaides, E. 2007). Existen otros métodos de sentido cualitativo entre los que se pueden mencionar:

25.6.1.3.1. Área Basal por Hectárea (G).Según Vaides (2007), es el área acumulada por el total de los árboles, en un corte transversal de sus fustes a una altura de 1.30m. Ésta es una buena variable como indicadora de la densidad, debido a que se relaciona estrechamente con el volumen por hectárea. Este método se basa en disminuir el valor de G, cuando éste alcanza el potencial del sitio, con el fin de que los árboles remanentes puedan alcanzar este valor, incrementando sus diámetros. En Guatemala para las coníferas se puede decir que un sitio es adecuado si puede soportar una carga de $30m^2$/ha de área basal y un sitio de bajo crecimiento es aquel que puede soportar una carga de menos de $15m^2$/ha de área basal.

25.6.1.3.2. Índice de Espaciamiento Relativo (S%).Este método correlaciona el espaciamiento promedio entre los árboles, con la altura de los árboles dominantes. Según ciertas investigaciones, para cada especie se puede determinar los límites entre los cuales se debe mantener una plantación, dependiendo de la calidad de sitio donde se desarrolle. Si el espaciamiento promedio entre los árboles es de 3 metros y la altura dominante es de 10 metros, entonces el S% será de 30%. Los porcentajes de raleo más prácticos para aplicar en el campo son:

- ✓ 50% elegir 1 árbol de cada 2, o elegir 2 árboles de cada 4.
- ✓ 33% elegir 2 árboles de cada 6.
- ✓ 25% elegir 1 árbol de cada 4.

25.6.1.4. Marcar los árboles en el primer raleo.Para realizar el primer raleo se debe hacer una marca de los árboles a los que se les efectuará el raleo, que esté clara y definida por los operarios, de tal manera que no se confundan con los árboles que se deben dejar en la plantación. Antes que todo se debe colocar la persona encargada de hacer la marcación, en una esquina de la plantación, entre las dos primeras hileras de árboles que se encuentren. Esta persona se coloca entre el primer cuadro de árboles, conocida como caja de cuatro árboles, eligiendo los dos árboles que estén en peor estado para poder marcarlos. Se avanza al siguiente cuadro y se hace lo mismo. Para seleccionar los árboles que serán raleados, se recomienda tomar en cuenta los siguientes criterios: (Vaides, 2007)

- ✓ Estado fitosanitario: primero se deben marcar los árboles que tengan problemas de enfermedades, plagas, cola de zorro, enfermedades, descopado por el viento o descortezado por los roedores. Esta es la característica principal para eliminar un árbol debido a que puede ser el inicio de una pérdida total de la plantación ya que se puede contagiar toda la población de árboles.

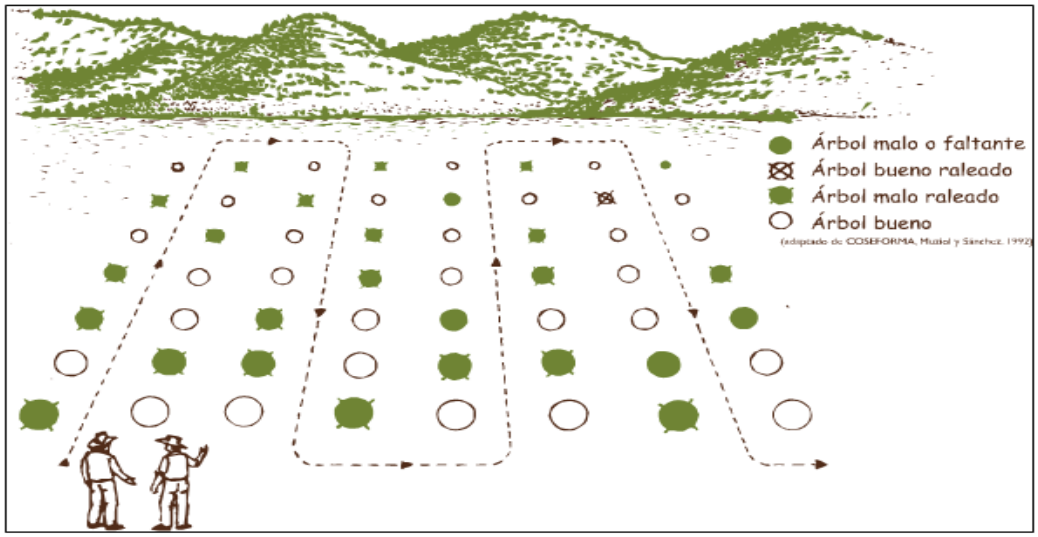
- ✓ Rectitud del tronco: posteriormente se deben marcar los árboles que crecen torcidos o bifurcados, y se deben eliminar.

- ✓ Diámetro: se les da preferencia a los árboles de mayor diámetro, debido a que esta cualidad favorece el desarrollo de la madera.

- ✓ Altura: cuando los aspectos anteriores no se cumplen y se tienen dos árboles de buena forma, es decir un tronco reducido, vigoroso y de buena copa, y que su crecimiento sea el 40 o 50% de la altura total que tendrá, se debe dejar el árbol más alto.

Si no se cumple con ninguna de las condiciones anteriores se deben buscar los árboles muertos o faltantes y se deben ralear. Después de marcar los dos árboles a extraer del primer cuadro, se debe avanzar al siguiente y efectuar el mismo procedimiento explicado anteriormente.

Figura 179:Marcación para el raleo



Fuente: Vaides, 2007.

Cada área en la cual se esté trabajando, difiere en la potencia de sostener el desarrollo de cierto número de árboles dependiendo de sus dimensiones. Una medida que ayuda para calcular el potencial productivo de los sitios es el área basal, mientras más alto es el potencial productivo de un sitio, más alto es el valor del área basal.

Si se conoce el área basal máxima de un sitio, se puede proyectar el número de árboles por hectárea para el turno final.

$$\frac{Árboles}{ha(turno\ final)} = \frac{Potencial\ Productivo\ \left(\frac{m^2}{ha}\right)}{Área\ Basal\ por\ Árbol\ (m^2)}$$

Por ello se puede llegar a la conclusión que los mejore sitios soportan una mayor cantidad de árboles al final del turno, que los sitios con baja productividad.

Los raleos que se ejecutan después de la primera etapa, dependen del objetivo final de la plantación y de la productividad del sitio. Para la producción de madera de aserrío, habrá que realizar entre uno y dos raleos más, para llegar a la densidad final recomendable, que para Guatemala es entre 150 y 250 árboles por hectárea, dependiendo de la calidad del sitio, según Vaides, 2007.

Es de importancia efectuar un segundo raleo para elegir las plantas que respondieron de mejor forma al primer raleo, con el objeto de ir eligiendo las plantas que serán de mejor utilidad para el corte final. El segundo raleo se considera semicomercial ya que los individuos que se extraerán tienen formas similares a los remanentes y presentan mejores dimensiones.

El segundo raleo se debe realizar cuando las ramas de los árboles empiezan a entrecruzarse de nuevo, lo que ocurre generalmente cuando la plantación forestal alcanza entre 14 y 15 m de su altura total.

En el tercer raleo se deben elegir los árboles que quedarán hasta la cosecha final, con el objeto de potencializar en los individuos que quedan, el mayor espacio para su crecimiento. Cuando se efectúa un tercer raleo se debe considerar como comercial, debido a la mayoría de individuos a

cortar presentan buenas dimensiones y buenas formas, incrementando los ingresos totales de la plantación. Se pretende dejar para la cosecha final, un promedio de 200 árboles de buena calidad.

Esto se logrará mediante el segundo y el último raleo forestal al eliminar un 50% de los árboles presentes, o bien, mediante el segundo y tercer raleo, ambos aproximadamente con un 33% de intensidad, así mismo éstos deben generar trozas para aserrío, ya que se trata de árboles más altos, más gruesos y de mejor calidad que los eliminados durante el primer raleo.

25.6.1.5. Consecuencias de no ralear.Las consecuencias principales de no ralear una plantación de coníferas son:

25.6.1.5.1. Recesión de copas.Conforme los árboles van creciendo, las ramas inferiores reciben más sombra, por lo que dejan de ser activas en la fotosíntesis y eventualmente mueren. La recesión de copas es el proceso de mortalidad de ramas inferiores. Mientras más denso es un rodal, la recesión de copas inicia con mayor velocidad.

25.6.1.5.2. Aumento en la relación Altura/Diámetro (A/D).La relación entre altura y diámetro aumenta cuando un árbol crece mucho en su altura, pero poco o nada en su diámetro. Según Vaides (2007), cuando la relación A/D supera 100, los árboles de muchas especies se pueden considerar inestables y en casos extremos los fustes pueden presentar daños mecánicos causados por el viento principalmente. Si se realiza un raleo tardío, de un rodal con árboles inestables, los problemas se agravan aún más, ya que los individuos remanentes pueden sufrir quebraduras en el fuste o en la copa.

25.6.1.5.3. Reducción del crecimiento en altura.Cuando la competencia entre árboles y la recesión de copas alcanzan niveles extremos, el crecimiento en altura también disminuye, debido a la reducción de las estructuras especializadas para la fotosíntesis.

25.6.1.5.4. Vulnerabilidad en la aparición de plagas y enfermedades.Los árboles poco vigorosos son menos resistentes a las plagas y enfermedades, debido a la competencia tan fuerte y a que las plantas disminuyen la generación de sustancias como respuesta a la presencia de estas, lo cual puede incidir en el aumento de las poblaciones de insectos y hongos presentes de forma natural en las plantaciones.

25.6.1.5.5. Pérdida total del sotobosque.En plantaciones que son densas y que no se tiene un manejo, los árboles aprovechan la mayor parte del espacio para crecer, por lo que el sotobosque en algunos casos no se hace presente. La supresión total del sotobosque puede causar erosión laminar en el suelo, lo cual tiene como resultado la disminución de la productividad del sitio forestal para todos los ciclos de corte.

25.6.2. Podas

25.6.2.1. Descripción.Es una práctica silvicultural intermedia, que consiste en la eliminación de cierto número de ramas en los árboles, con el propósito de producir madera limpia, que es aquella madera libre de nudos; esto con el fin de obtener un producto final de mejor calidad. (Vaides, E. 2007)

Mientras persistan las ramas en el tronco de un árbol, la madera producida tendrá nudos. Las podas deben realizarse en época seca, para evitar que a través de los cortes penetren plagas y enfermedades, ya que éstas son más abundantes en la época lluviosa. Mientras más grandes y gruesas sean las ramas, más trabajo llevará cortarlas. Adicionalmente los cortes realizados para eliminar las ramas grandes, toman más tiempo para cicatrizar o curarse y de hacerse en época lluviosa, pueden llegar a podrirse.

25.6.2.2. Nudos en los árboles.Los nudos en los árboles constituyen uno de los defectos más comunes y su presencia disminuye la calidad y el valor de la madera, mientras persistan las ramas en el tronco de un árbol, la madera producida tendrá nudos. En las coníferas, los nudos reducen el valor de la madera en el mercado, ya que los nudos alteran ciertas características físicas y mecánicas de la madera que la hacen disminuir en calidad para algunos usos.

En la siguiente figura se puede observar el daño que le puede causar un nudo al producto final, el rectángulo de color negro a la derecha de cada tronco, simula una pieza de madera, se puede observar que de un árbol podado no surgirán nudos que afecten a la madera como lo es en un árbol sin podar.

Figura 180: Corte transversal de dos troncos de árboles

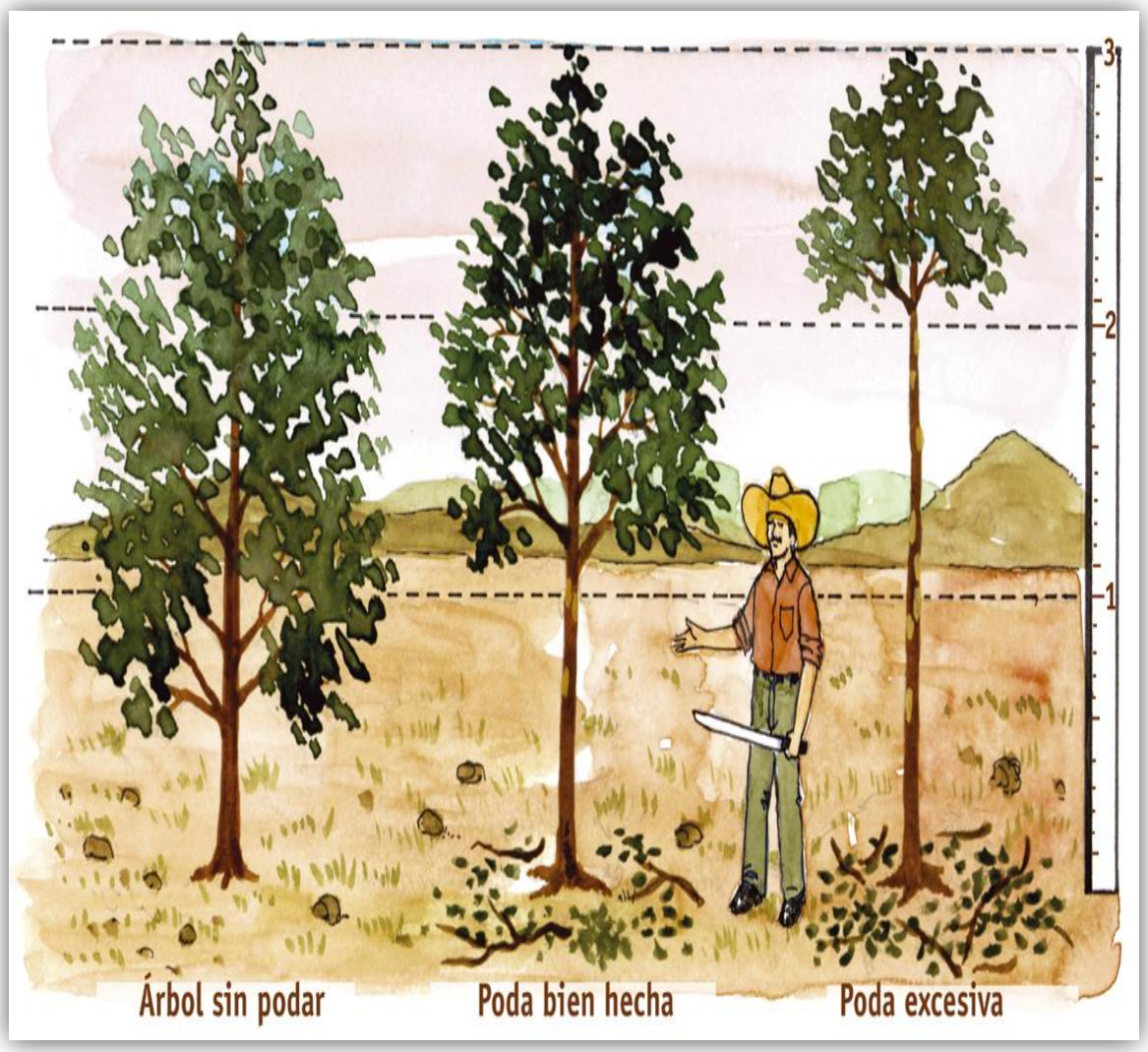
Fuente: Vaides, 2007.

22.6.2.3. Primera poda.La primera poda en las coníferas se recomienda realizar después de efectuar el primer raleo, aunque esto dependerá del crecimiento que tengan las ramas en el fuste, ya que se debe realizar cuando las ramas son pequeñas. Mientras más grandes y gruesas sean las ramas, más trabajo llevará cortarlas, además que dejan una marca más grande dentro del tronco.

Para que un árbol no disminuya en gran cantidad la copa, se recomienda que la poda no exceda de las dos terceras partes de la altura total del árbol. Es ideal que el árbol se podara hasta 1/3 de su altura total, con la finalidad de mantener un equilibrio en el anclaje del árbol, además de dejar el suficiente material vegetativo, para la absorción de energía para su alimentación. Si se eliminan muchas ramas vivas, se reduce la cantidad de follaje verde, la capacidad fotosintética y por ende el crecimiento del árbol.

Las hojas aprovechan los rayos solares, el aire, el agua y los nutrientes del suelo, en la elaboración de productos necesarios para el crecimiento del árbol. Sin ellas no hay un buen crecimiento en altura y diámetro.

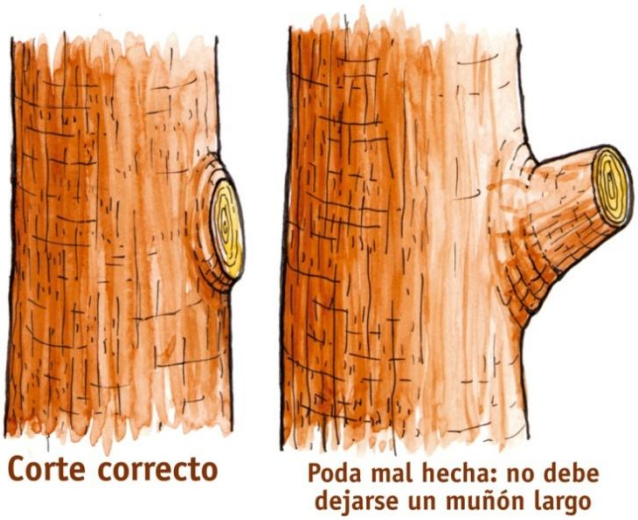
Figura 181: Altura de la poda en un árbol



Fuente: Cordero y Boshier, 2003

25.6.2.4. Corte de las ramas.Las ramas se deben cortar al ras del fuste, sin causar ningún daño a la corteza del árbol, con el fin de que la cicatriz sea fácil de sanar. Los daños que pudieran producirse en el fuste del árbol, lo debilitan y pueden hacerlo más susceptible al ataque de hongos, que luego pueden llegar a pudrir la madera.

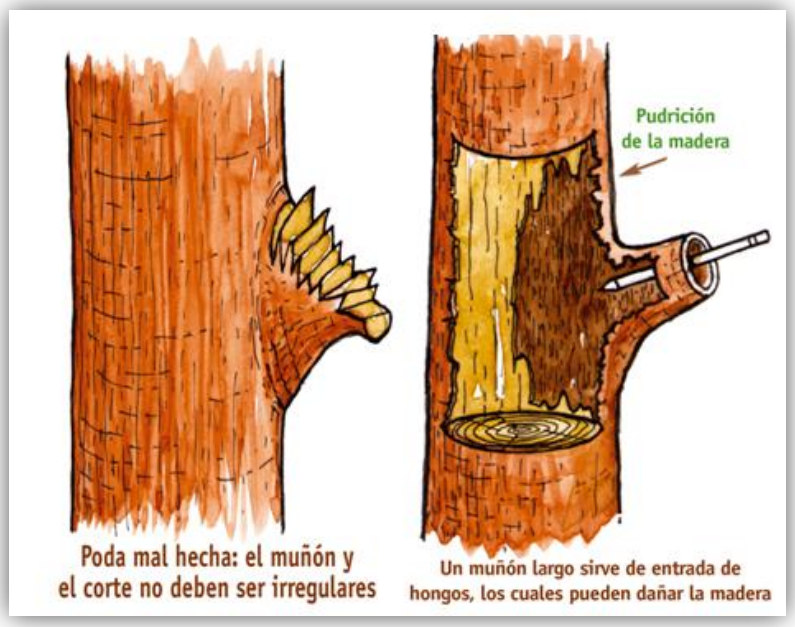
Figura 182: Corte ideal en una poda



Fuente: Cordero y Boshier, 2003

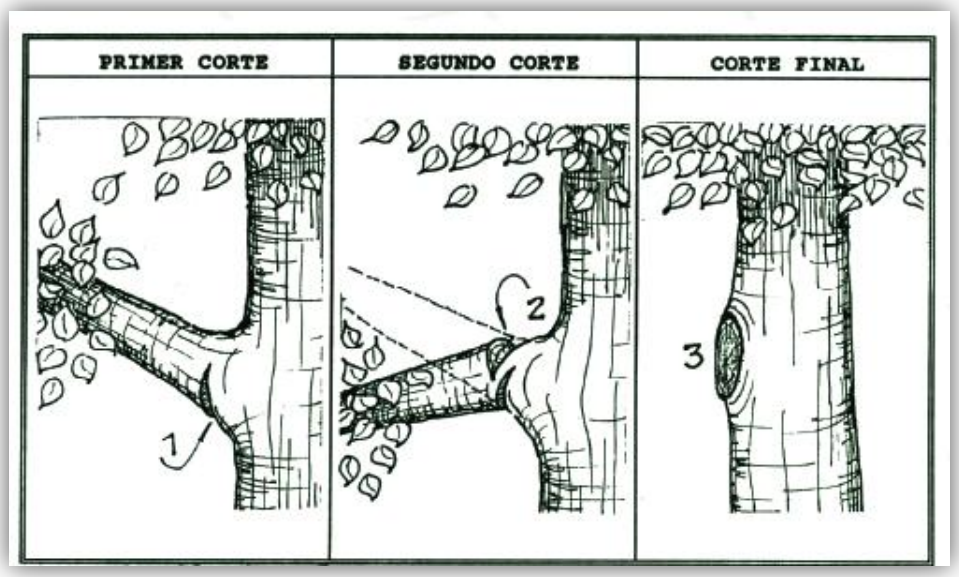
Otro aspecto a tomar en cuenta es que el corte sea liso y no tenga ningún tipo de irregularidad que pueda provocar acumulación de agua y causar un ambiente propicio para la proliferación de hongos o la penetración de alguna plaga al fuste del árbol.

Figura 183: Tipo de corte ideal en la poda de un árbol



Fuente: Cordero y Boshier, 2003.

Figura 184: Pasos para podar un árbol



Fuente: Arrecis, 2007.

25.6.2.4. Herramientas para podar.Las herramientas más utilizadas para realizar una poda son:

- ✓ La sierra de cola de zorro
- ✓ La sierra de arco
- ✓ El machete

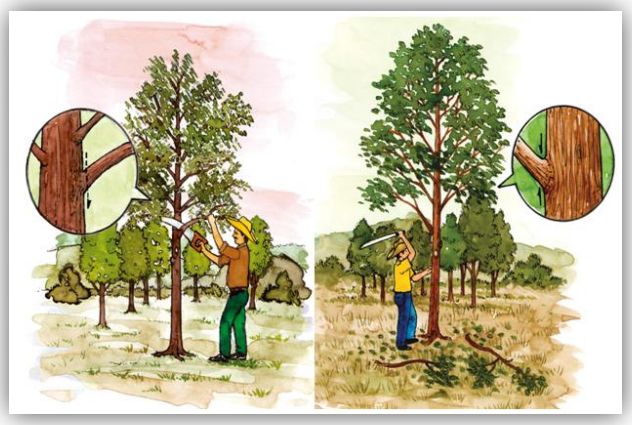
En algunos casos se realizan las podas con motosierra, debido a la gran dimensión de las ramas, pero estos casos no se deberían de dar, debido a que con estas dimensiones de las ramas, ya quedó marcado el crecimiento de la rama dentro del fuste del árbol.

25.6.2.4.1. Podas con sierra.Se utiliza para ramas de hasta 4 o 5 cm de diámetro, y se puede realizar en un solo trazo, lo importante es evitar que la corteza se raje cuando las ramas caigan. Esta poda es la ideal y la que se debería de ejecutar, con el fin de lograr la menor cantidad de daños al fuste del árbol.

25.6.2.4.2. Podas con machete.En este tipo de poda es importante tomar en cuenta que la herramienta se encuentre bien afilada y limpia, para que no cause daños, ni sea un vector trasmisor de alguna enfermedad. Ésta se realiza con dos cortes.

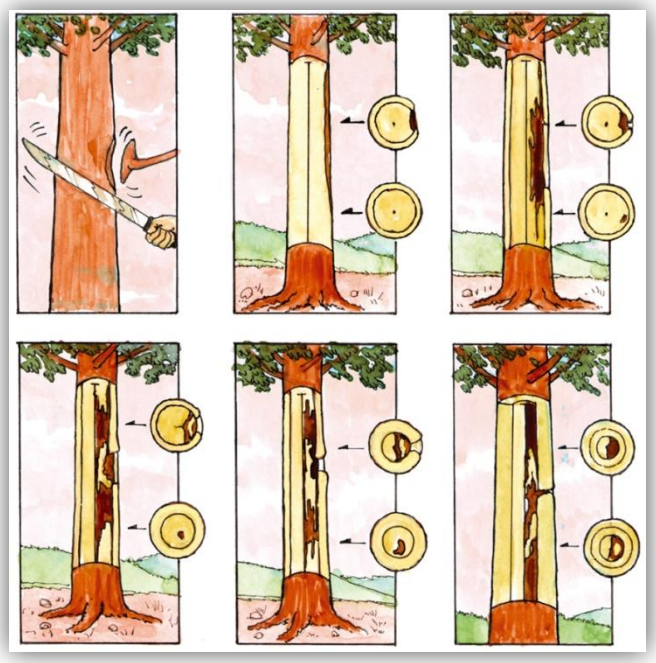
- ✓ El primer corte se hace de abajo hacia arriba, este corte previene la rajadura de la corteza cuando cae la rama.
- ✓ El segundo corte se hace de arriba hacia abajo, para dejar un corte liso y al ras del fuste.

Figura 185: Corte con sierra y con machete respectivamente



Fuente: Cordero y Boshier, 2003

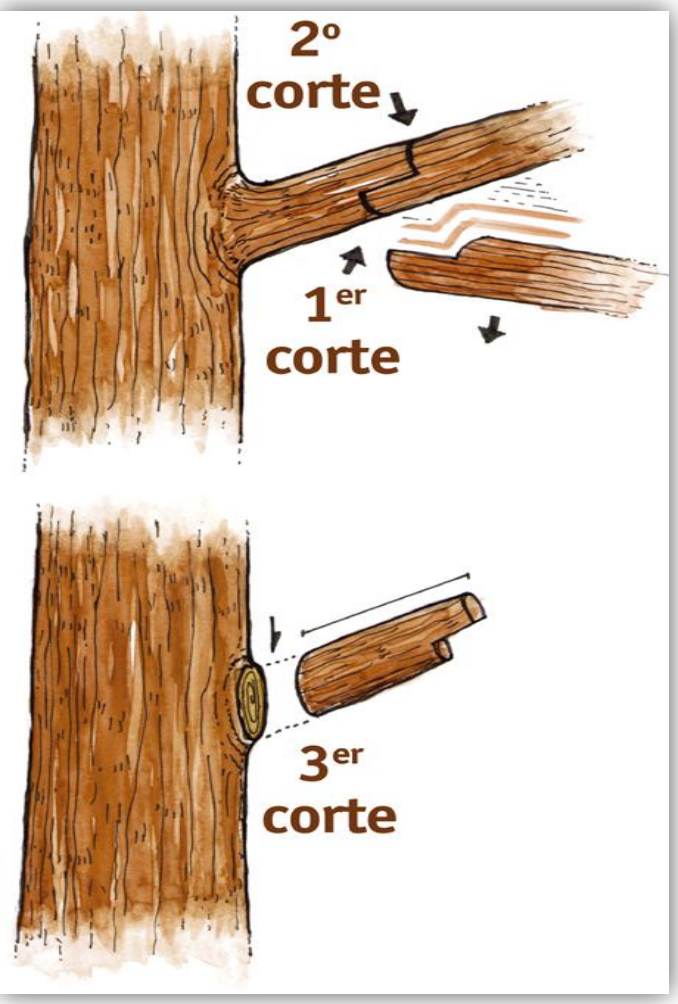
Figura 186: Daños por una poda mal realizada con machete



Fuente: Vaides, 2007

Cuando una poda se realiza fuera de tiempo, por diferentes factores, se pueden presentar ramas grandes y gruesas las cuales en el momento de podar, requieren de un tratamiento diferente, esto se debe a que éstas ramas son más pesadas y pueden llegar a causar rotura de la corteza en la parte inferior. Para tener un corte correcto es importante como primer paso eliminar la parte más pesada de la rama del árbol, cortando primero a unos 20 cm. Del fuste aproximadamente, posteriormente se realiza un tercer corte cerca del fuste. La poda de ramas grandes debe realizarse con tres cortes para evitar daños en la corteza del árbol, en la parte inferior a la rama. (Vaides, 2007)

Figura 187: Corte ideal de una rama gruesa



Fuente: Vaides, 2007

25.6.3. Licencias forestales.Según la Ley Forestal, <<Licencia forestal es la facultad que otorga el Estado a personas individuales o jurídicas, para que por su cuenta y riesgo realicen aprovechamientos sostenibles de los recursos forestales, incluyendo madera, semillas, resinas, gomas y otros productos no maderables, en terrenos de propiedad privada, cubiertos de bosque>>. (INAB, 2011)

La Licencia forestal también es la autorización para desarrollar un plan de manejo forestal. El aprovechamiento de madera y otros productos leñosos, puede hacerse solamente con Licencia Forestal otorgada por el INAB dentro de un período de 60 días, que se cuentan a partir del cumplimiento de los requisitos establecidos en el reglamento de la Ley Forestal.

La Licencia es sólo para el propietario o poseedor legítimo del terreno o del bosque por el tiempo que garantice el desarrollo del plan de manejo forestal. No cumplir el plan de manejo forestal es un delito que se denuncia ante las autoridades y lleva a cancelar la Licencia Forestal.

Tabla 89: Tipos de Licencias Forestales

TIPO DE LICENCIA	DEFINICIÓN
✓ **Manejoforestal**	Para el aprovechamiento forestal sostenible con fines comerciales.
✓ **Saneamiento forestal**	Aprovechamiento forestal para eliminar plagas y enfermedades forestales.
✓ **Salvamento forestal**	Aprovechamiento forestal de árboles muertos por factores naturales.
✓ **Cambio de uso**	Aprovechamiento del suelo para otros usos que no sean forestales.
✓ **Fines científicos**	Aprovechamiento forestal con fines de investigación científica y desarrollo tecnológico.

Fuente: INAB, 2010.

25.6.3.1. Requisitos para obtener Licencia Forestal.La solicitud se presenta en las oficinas Subregionales del INAB, con la siguiente información y documentación:

- ✓ Solicitud escrita indicando nombre del propietario del bosque, dirección, número de cédula, lugar para recibir notificaciones, descripción de lo que solicita y firma autenticada.
- ✓ Certificación del Registro de la Propiedad que acredita la propiedad del bien, indicando las anotaciones y gravámenes que contiene. Si no está inscrita en el Registro, se podrá presentar otro documento legal que acredite la propiedad.
- ✓ Plan de manejo forestal.

25.6.3.2. Pasos para solicitar Licencias Forestales

- ✓ El interesado se presenta a las oficinas Subregionales del INAB para entregar la solicitud.
- ✓ En las oficinas Subregionales del INAB, el Secretario (a) Subregional firma y sella de recibido, si es necesario solicita completar la información o recibe los documentos para crear un expediente.
- ✓ El expediente va al Director Subregional que lo acepta y da trámite al expediente, trasladando el Plan de manejo forestal al Técnico de la Subregión y el resto de la papelería legal al Asesor Jurídico.
- ✓ Estos emiten dictamen técnico y legal e indican correcciones necesarias al expediente.
- ✓ El Director Subregional solicita por única vez las correcciones si fuera el caso. Una vez el expediente esté a satisfacción del INAB se traslada a la Dirección Regional para la resolución final.
- ✓ El Director Regional emite la Resolución aprobando o denegando el Plan de manejo forestal
- ✓ Ya aprobado se deberá pagar el valor de la madera en pie, garantizar la repoblación forestal, registrar las motosierras en el INAB; y adjuntar la propuesta del Regente forestal.
- ✓ Por último el Director Regional emite la Licencia Forestal y traslada el expediente para seguimiento y monitoreo a la Subregión correspondiente.

25.6.3.3. Derechos y obligaciones. Toda persona a la que se le autorice Licencia Forestal, adquiere derechos y obligaciones ante el INAB y la sociedad en general.

25.6.3.3.1. Derechos

- ✓ Aprovechar los árboles del bosque de acuerdo al plan de manejo forestal aprobado.

- ✓ Disponer del producto como propietario del mismo.
- ✓ Disponer de las notas de envío de transporte de productos forestales.
- ✓ Transportar los productos obtenidos del aprovechamiento forestal autorizado.
- ✓ Uso, comercialización y/o transformación del producto.
- ✓ Solicitar al INAB las enmiendas o cambios al plan de manejo forestal anteriormente aprobado.

25.6.3.3.2. Obligaciones

- ✓ Ejecutar el plan de manejo forestal conforme fue aprobado.
- ✓ Informar periódicamente del avance de ejecución.
- ✓ Cumplir con el compromiso de repoblación forestal y garantizarlo.
- ✓ Cumplir con los requisitos para el transporte legal de producto.
- ✓ Ser solidariamente responsable junto al regente forestal, de la correcta ejecución del plan de manejo forestal.

25.6.3.4. Monitoreo.El INAB, a través del personal técnico de las subregiones, será responsable de la evaluación y monitoreo del plan de manejo forestal para verificar su correcta ejecución. Para ello realizará visitas periódicas a las áreas de aprovechamiento forestal acompañado del propietario del terreno y del regente forestal, para realizar el informe respectivo.

26. CORTE DE LA MADERA

26.1. Maquinaria de corte

26.1.1. Motosierra.

El Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (2005) define una motosierra como una herramienta utilizada para cortar madera, la cual contiene una sierra rotativa que es accionada por un motor. Esta es generalmente utilizada para la tala de árboles y aserrar troza, aplicación que se vuelve necesaria cuando el transporte de las trozas es complicado. El acabado del corte de una motosierra no es de buena calidad y presenta altos porcentajes de desperdicios debido al grosor de la cadena de corte.

Figura 188: Motosierra

Fuente: INTECAP, 2005

Tanner (1996) describe que al momento de comprar una motosierra, es muy difícil determinar cuál es la mejor según el tipo de trabajo que se realice, sin embargo, se debe tomar muy en cuenta la disponibilidad de repuestos cerca del lugar de trabajo y que sea de una marca conocida. Es importante también saber que mientras más grande sea el diámetro de los arboles que se desean cortar la hoja o espada de la motosierra debe ser mas grande, nunca menor que la mitad del diámetro promedio de las trozas a cortar. Mientras más liviana sea la motosierra, mejor, puesto a que requerirá un menor esfuerzo del operador. Es importante que ésta tenga tanto protector de mano delantero con freno de cadena como un buen silenciador y que al momento de comprarla le entreguen el manual de la motosierra, bolsa de herramientas, llave universal, llave fija y tornillo de tope.

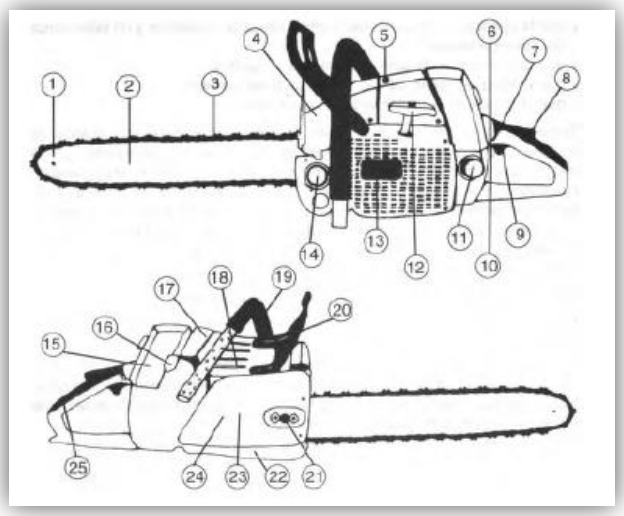
26.1.1.1. Partes de la motosierra

Tabla 90: Identificación de partes de la motosierra

PARTES DE LA MOTOSIERRA	
Punta de la espada (1).	Tanque de aceite (14).
Espada (2).	Filtro de aire (15).
Cadena (3).	Carburador (16).
Silenciador (4).	Bujía (17).
Válvula de descompresión (solo para motosierras grandes) (5).	Cilindro (18).
	Manija delantera (19).
Interruptor (6).	Protector de mano delantero con freno de cadena (20).
Palanca del cebador (7).	
Bloqueo del acelerador (8).	Tornillo tensor de cadena (21).
Acelerador (9).	Tornillo regulador de aceite (22).
Botón de arranque (10).	Piñón de cadena y embargue (23).
Tanque de combustible (11).	Tapa de piñón de cadena (24).
Empuñadura de arranque (12).	Manija trasera (25).
Tapa del arrancador (13).	

Fuente: Tanner, 1996

Figura 189: Partes de la motosierra



Fuente: Tanner, 1996

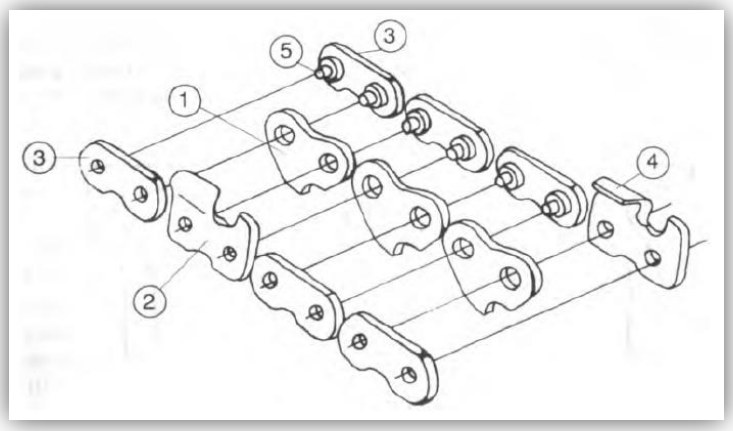
Figura 190: Corte con motosierra

Fuente: Tabler, 2009

Las partes de la cadena según Tanner (1996), son las siguientes:

- ✓ Eslabón guía (1): Mantiene la cadena en la ranura de la espada y mueve la cadena por medio del piñón.
- ✓ Eslabón cortante derecho e izquierdo (2 y 4): Cortan la fibra de la madera.
- ✓ Eslabón lateral (3): Conecta los eslabones cortantes y guías, manteniéndolos unidos por medio de remaches.
- ✓ Remache (5): Une los eslabones entre sí formando una cadena.

Figura 191: Partes de la cadena

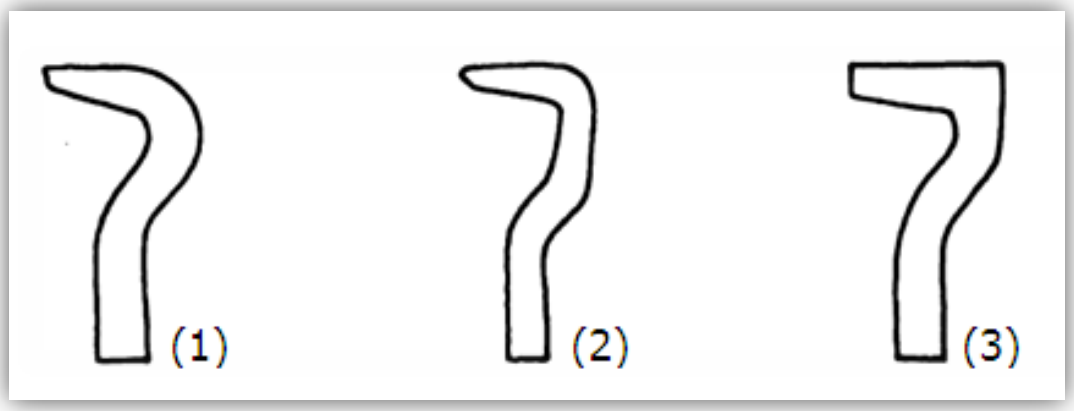


Fuente: Tanner, 1996

Existen tres tipos de eslabones de corte, que se clasifican según la forma que tienen, que son:

- ✓ Redondo (1): Resistencia alta y bajo rendimiento.
- ✓ Semicuadrado (2): Resistencia media y rendimiento medio.
- ✓ Cuadrado (3): Resistencia baja y alto rendimiento.

Figura 192: Tipos de eslabones de corte



Fuente: Tanner, 1996

26.1.1.2. Afilado y mantenimiento de la motosierra. La eficiencia de la motosierra depende del afilado y buen mantenimiento de la cadena. Una cadena con poco filo o mal mantenimiento necesita utilizar más combustible y necesita un mayor esfuerzo del operario e incluso puede llegar a dañar el motor y aumentar los riesgos de accidentes. El mantenimiento y afilado de la cadena se debe llevar a cabo según las instrucciones del fabricante y particularmente debemos verificar tres elementos importantes según la comisión de la salud y la seguridad en el trabajo de Quebec.

- ✓ El brazo de la sierra debe estar en buen estado.
- ✓ La tensión de la cadena debe estar ajustada correctamente.
- ✓ El afilado se lleva a cabo conforme a las instrucciones del fabricante y con las herramientas adecuadas al tipo de cadena utilizado.

El afilado de la cadena consiste en regular la profundidad de corte del eslabón cortante, la cual varía según la potencia de la motosierra, el tipo de cadena y las características de la madera a cortar. Este rebaje siempre debe realizarse con una lima plana y un calibrador de profundidad,

para lograr la misma profundidad en todos los eslabones cortantes. Un rebaje correcto permite un corte suave, rápido y sin esfuerzo. Tanner (1996) determina los rebajes óptimos según el cilindraje del motor y las características de la madera a cortar.

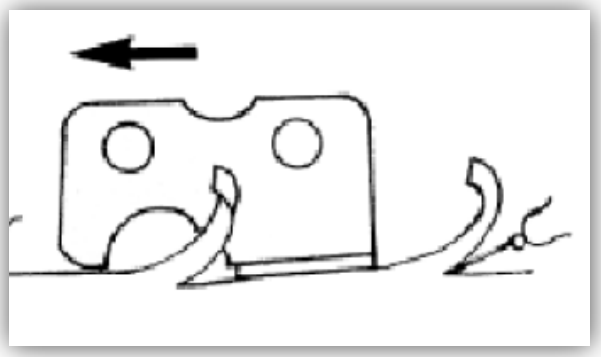
Tabla 91: Rebaje según cilindraje y características de la madera

Cilindraje del motor	Rebaje para madera dura	Rebaje para madera suave
Alto	0.75 mm	1.00 mm
Mediano	0.60 mm	0.90 mm
Bajo	0.50 mm	0.75 mm

Fuente: Tanner, 1996

En la siguiente figura podemos observar cómo debe ser el rebaje o ajuste de los reguladores de profundidad.

Figura 193: Correcto ajuste de los reguladores de profundidad



Fuente: CSST, 2007

Un rebaje incorrecto de los reguladores de profundidad tiene como consecuencia un ángulo de ataque muy alto o muy bajo.

- ✓ Ángulo de ataque alto (1): bajo rendimiento al cortar, se debe ejercer mayor presión sobre la espada y la cadena y por ende ambas se desgastan más rápido.
- ✓ Ángulo de ataque bajo (2): Los eslabones cortantes entran demasiado en la madera y por ende al cortar la cadena tiende a atascarse, los dientes se desgastan muy rápido y los eslabones se dañan.

Figura 194: Ajuste incorrecto de los reguladores de profundidad

Fuente: CSST, 2007

El mantenimiento o ajuste se debe dar cuando la motosierra está cortando lentamente, no penetra con su propio peso en la madera, no conserva una buena dirección de corte o cuando la cadena bota aserrín muy fino. (Tanner, 1996)

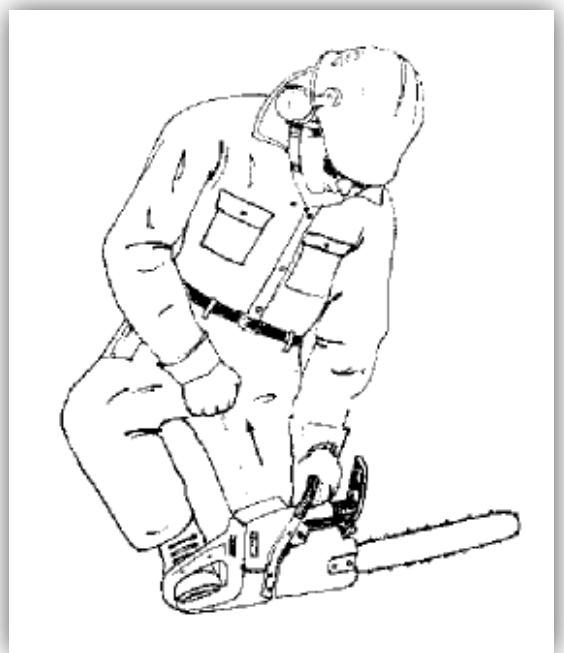
26.1.1.3. Medidas de seguridad en el uso de la motosierra. Según Tanner (1996) es muy importante que el operador conozca bien la herramienta antes de usarla, ya que la sierra de cadena puede causar muchos accidentes que suelen ser graves e incluso mortales. El accidente más común con sierras de cadena ocurre cuando el brazo de la sierra se proyecta de repente hacia el trabajador, causando un rebote. Un rebote se genera cuando el extremo superior del brazo de la sierra toca un objeto duro o se bloquea, puesto a que la sierra de cadena se ve sujeta a una fuerza de rotación en la dirección opuesta al movimiento de la cadena.

Según la Comisión de la Salud y la Seguridad en el Trabajo de Quebec (CSST) la sierra de cadena debe ajustarse a la norma CAN/CSA-Z62.1-03 y la cadena, a la norma CAN/CSA-Z62.3-04. Además, determinan cuáles son los dispositivos de seguridad básicos con los que debe estar equipada una motosierra, los cuales son:

- ✓ Zapata de protección que acciona el freno.
- ✓ Dispositivo de bloqueo del mando de gas.
- ✓ Protector de mano trasera.
- ✓ Agarra-cadena.
- ✓ Silenciadores y chispa aislada.
- ✓ Amortiguadores de vibraciones.

CSST lista los pasos para poner en funcionamiento la sierra, primero hace énfasis en la importancia de que el operador aplique el freno de la cadena, coloque la sierra en el suelo y coloque la mano izquierda sobre el mango delantero, debe sostener la motosierra en el suelo firmemente con el pie o la rodilla. Las precauciones que el operador debe tomar en cuenta cuando se desplaza con la motosierra son aplicar el freno de la cadena cuando su desplazamiento exceda una distancia normal entre dos árboles y debe parar el motor cuando se va a su área de trabajo.

Figura 195: Posición del operario al poner en funcionamiento la motosierra



Fuente: CSST, 2007

La seguridad del trabajador forestal depende del equipo y la vestimenta que este utilice mientras esté utilizando una motosierra. El equipo mínimo de seguridad que debe utilizar cualquier operador de una motosierra es el siguiente:

- ✓ Casco de seguridad con visera
- ✓ Protectores de oídos
- ✓ Botas con suela antideslizante y punta de acero
- ✓ Pantalones con protectores
- ✓ Guantes de cuero
- ✓ Equipo de primeros auxilios

Las medidas de seguridad que se deben tomar en cuenta al utilizar una motosierra según Tanner (1996) son:

- ✓ Comprobar que estén trabajando apropiadamente el protector de mano delantero con freno de cadena y el bloqueo del acelerador en la manija trasera.
- ✓ No trabajar con una motosierra que esté dañada, incompleta o mal armada, o con el motor incorrectamente ajustado.
- ✓ Antes de arrancar la motosierra fijarse que la cadena este correctamente ajustada y afilada.
- ✓ Asegurarse que únicamente una persona realice el arranque de la motosierra y que la cadena no haga contacto con nada.
- ✓ Asegurarse de que la cadena se pare al soltar el acelerador.
- ✓ No tocar o tratar de parar la motosierra con la mano o cuando esté en marcha.
- ✓ El dedo pulgar debe estar alrededor de la manija para prevenir que esta se salga de las manos en caso de que esta rebote.
- ✓ Sujetar la motosierra con las dos manos hasta que se detenga la cadena.
- ✓ Mantener las manijas secas, limpias y libes de aceite o mezcla de combustible.
- ✓ Nunca cortar por encima del nivel del hombro.
- ✓ Concentrarse y evitar el exceso de confianza cuando esté utilizando la motosierra.
- ✓ No operar la motosierra subido en cualquier superficie inestable.
- ✓ Evite utilizar la motosierra cuando tenga síntomas de fatiga.
- ✓ El transporte de la motosierra se debe hacer siempre con el motor parado, la espada hacia atrás y el silenciador alejado del cuerpo. Además se debe cubrir la espada con una funda o un saco.

Las medidas de seguridad que se deben tomar para evitar un rebote de la motosierra según Tanner (1996) son:

- ✓ Conocer bien las circunstancias en que se produce el rebote.
- ✓ Estar alerta al rebote y observar la punta de la espada.
- ✓ Evitar en la medida de lo posible cortar con la punta de la espada, especialmente la mitad superior de la espada. La forma segura de efectuar el corte es empezando con la parte inferior de la punta y deslizando la cadena a alta velocidad al momento de tocar la madera.

- ✓ Sostener la manija delantera de la motosierra con la mano izquierda, con el pulgar alrededor de la manija.
- ✓ Cuando la altura de corte lo permita apoyar los codos en los muslos.
- ✓ Usar una motosierra con un sistema protector de mano delantera, con freno de cadena y bloqueo del acelerador en la manija trasera.
- ✓ Usar una espada lo más corta posible que permita mayor control.
- ✓ Usar una cadena de seguridad y mantenerla afilada.
- ✓ Siempre usar un calibrador de profundidad para rebajar el regulador d profundidad del diente cortante.

Las medidas de seguridad que se deben tomar para evitar accidentes por ruptura de la cadena según Tanner (1996) son:

- ✓ Las motosierras deben llevar un tope o sujetador de cadena bajo el tambor del embargue que la detenga antes que legue al cuerpo.
- ✓ La motosierra debe tener una manija trasera con una base ancha para proteger la mano derecha.
- ✓ Controlar regularmente la lubricación y el tensado de la cadena.
- ✓ Afilar la cadena regularmente.
- ✓ Siempre usar un calibrador de profundidad al afilar los reguladores de profundidad.
- ✓ Darle mantenimiento adecuado a la cadena y revisar regularmente los remaches y eslabones.

26.1.2. Aserradero móvil.

El Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (2005) define un aserradero móvil como un tipo de maquinaria que dimensiona la madera, generalmente están formadas por varias piezas desmontables que facilitan el traslado de la misma dentro de un bosque. Estos se pueden clasificar en cuanto a la fuente de poder que utilicen, los más utilizados son los manuales y los hidráulicos. La herramienta de corte es generalmente una sierra de cinta que funciona vertical u horizontalmente, pero también existen modelos que utilizan una sierra circular.

Figura 196: Aserradero móvil

Fuente: http://www.woodmizer.com

Algunos árboles se encuentran en lugares no accesibles, y para aserrarlos, se utiliza un aserradero móvil, que convierte las trozas en tablas para facilitar su traslado hacia un lugar de secamiento. Los aserraderos móviles tienen la capacidad de producir diversos tipos de productos como tablas, tablones, vigas, viguetas, listones, marcos entre otros. Las ventajas de utilizar un aserradero móvil son:

- ✓ Agregar valor a la madera para la venta
- ✓ Tornar comercial una pequeña parcela forestal
- ✓ Producir madera para uso propio
- ✓ Reducir costos de transporte
- ✓ Producir tamaños de piezas no estandarizados

Los aserraderos móviles también presentan desventajas, comparados con los aserraderos estacionarios entre las cuales cabe mencionar:

- ✓ Baja productividad
- ✓ Actividad laboral intensa
- ✓ Esfuerzos y fatiga por el levantamiento del peso a nivel del suelo
- ✓ Generalmente la calidad y acabado final no son tan buenos
- ✓ El ambiente de trabajo no presenta las mejores prácticas industriales de salud ocupacional y seguridad

26.1.2.1. Medidas de seguridad en el uso de un aserradero móvil. Es muy importante leer el manual de operación antes de empezar a utilizar el aserradero portátil y tomar nota de las advertencias de seguridad del manual. Únicamente las personas que han leído y entendido el manual deben operar el aserradero portátil. Antes de empezar a operarlo se debe verificar lo siguiente:

- ✓ No haya ningún derrame
- ✓ No haya clavos u otros materiales incrustado en las trozas
- ✓ Mientras el aserradero este trabajando, tomarse el tiempo de chequear que no hayan bloqueos o escombros que puedan dañar la sierra, si hubiera alguno se debe detener por completo la operación y eliminarlos

Mientras esté operando la máquina, tomar en cuenta las siguientes precauciones:

- ✓ No utilizar ropa floja que se pueda trabar con la maquina
- ✓ Utilizar todo el equipo de seguridad
- ✓ Seguir todos los procedimientos para apagar la maquina cuando le de mantenimiento.
- ✓ No usar el aserradero en superficies con desniveles mayores a 10°
- ✓ Mantener el área de trabajo limpia
- ✓ Realice un adecuado manejo de combustibles y lubricantes

Además, cabe mencionar las siguientes precauciones de seguridad: (OFSWA, 2011)

- ✓ Tener siempre un extinguidor cerca del lugar de trabajo
- ✓ Tener un kit de primeros auxilios a la mano
- ✓ No fumar, soldar o permitir cualquier tipo de chispas cerca del motor
- ✓ Almacenar el combustible lejos de materiales inflamables como el aserrín
- ✓ Manejar correctamente los desechos según los requerimientos locales
- ✓ Limpiar rápidamente los derrames
- ✓ Asegurar las conexiones eléctricas, cables y mangueras hidráulicas
- ✓ Mantener a todas las personas alejadas del paso de la sierra mientras estén cargando o descargando madera en el aserradero.
- ✓ Asegurarse que la sierra está correctamente cubierta para evitar contacto con los operarios mientras trabaja.

- ✓ Mantener las etiquetas de seguridad en buen estado
- ✓ Mantener una distancia segura de mecanismos rotativos
- ✓ Asegurarse que la troza está sujeta correctamente antes de aserrar.

26.2. Herramientas de corte

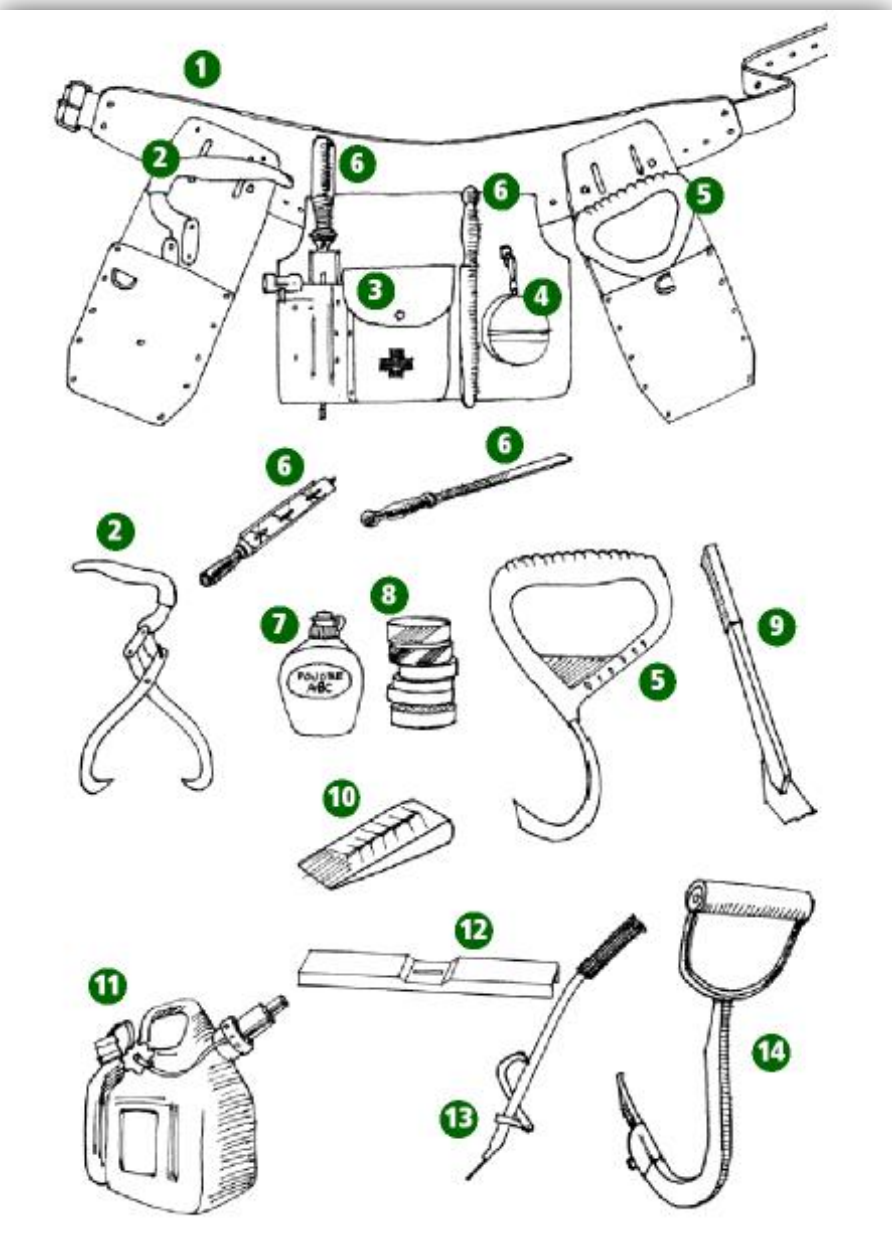
El Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (INTECAP), define una herramienta como cualquier instrumento o accesorio que se accione ya sea manual o mecánicamente empleado en alguna actividad. Generalmente son accesorios compuestos por varias piezas que funcionan como medio auxiliar para llevar a cabo una operación, cuando no existen maquinas o equipo adecuado. Las herramientas de corte pueden ser ya sea de uso general o de uso específico para ciertas actividades como la tala de árboles.

26.2.1. Herramientas para talar árboles.

Las herramientas o accesorios que se utilizan para talar árboles según CSST (2007) son las siguientes y son indispensables para el correcto apeo de árboles. Además de herramienta es necesario llevar cintas de peligro para poder delimitar el área de trabajo y evitar accidentes.

- ✓ Cinturón de herramientas (1)
- ✓ Pinza de carga (2)
- ✓ Vendaje de compresión (3)
- ✓ Metros de cintas graduados (4)
- ✓ Gancho de carga (5)
- ✓ Lima, porta-lima con empuñadura del fabricante (6)
- ✓ Extintor de polvo (7)
- ✓ Cinta “Peligro” (8)
- ✓ Palanca de tala (9)
- ✓ Esquina de tala (10)
- ✓ Depósito de combustible con embudo antivuelco (11)
- ✓ Medidor de profundidad de medir (12)
- ✓ Palanca de tala con gancho acodado (13)
- ✓ Gancho clásico (14)

Figura 197: Herramientas para tala de árboles



Fuente: CSST, 2007

26.2.2. Herramientas para cortar madera de uso general. Las herramientas de aplicación general se clasifican según las operaciones que ejecutan sobre las piezas de madera, la categoría que se desarrolla a continuación: herramientas de corte o aserrado. Estas son herramientas que se usan para separar y evacuar virutas pequeñas de madera por el movimiento de una sierra.

26.2.2.1. Serrucho. Un serrucho es una hoja de acero dentada, sujeta a un mango de madera o plástico. Su tamaño se determina por el largo de la hoja. Los serruchos para cortes longitudinales tienen de 5 a 6 dientes por pulgada, mientras que los serruchos para corte transversal tienen de 7 a 8 dientes por pulgada. (INTECAP, 2005)

Figura 198: Serrucho

Fuente: http://www.disvecazulia.com

26.2.2.2. Sierra de marco. Una sierra de marco se compone por un marco de madera con dos brazos, un puente, dos empuñaduras y un tirante. La hoja de sierra está sujeta en los dos mangos y tensada por un tirante con un tornillo. Existen tres tipos de sierras de marco definidas en INTECAP (2005):

- ✓ Sierra ordinaria: tiene dientes de ataque fuerte y es utilizada para cortes longitudinales.
- ✓ Sierra fina: tiene dientes pequeños de ataque débil y se usa para cortes transversales.
- ✓ Sierra de contornear: tiene dientes pequeños con un paso de 3 milímetros.

Figura 199: Sierra de marco

Fuente: http://www.cobronce.cl

26.2.2.3. Serrucho de vena o serrucho de costilla. Un serrucho de vena comprende de una hoja de acero con empuñadura de madera o plástico, la vena le otorga rigidez a la hoja y los dientes pequeños permiten un corte fino y limpio. Generalmente su tamaño es de 30 centímetros con 14 dientes por pulgada. (INTECAP, 2005)

Figura 200: Serrucho con vena

Fuente: http://www.vootar.com

26.2.2.4. Serrucho de punta. El serrucho de punta consta de un mango de madera y la hoja de sierra en forma de punta. Es delgado en el dorso y grueso en la zona de los dientes para evitar que la hoja se atasque a la hora de cortar. (INTECAP, 2005)

Figura 201: Serrucho de punta

Fuente: http://www.blape.es

26.2.2.5. Serrucho de ranurar. El serrucho de ranurar tiene hoja de acero y empuñadura de madera fija o regulable a la altura del corte, se utiliza para aserrar ranuras sin entrada ni salida y el largo de la hoja dentada es de 150 milímetros. Ésta es la única sierra manual que corta hacia atrás. (INTECAP, 2005)

Figura 202: Serrucho de ranurar

Fuente: http://elmaestro35.blogspot.com

26.3. Inscripción de la maquinaria a utilizar

De toda la maquinaria utilizada durante el corte de madera en el bosque, las únicas que están reguladas y se deben registrar son la motosierra y el aserradero móvil.

26.3.1. Motosierra. Una motosierra es una herramienta utilizada para cortar madera, la cual contiene una sierra rotativa que es accionada por un motor. Ésta es generalmente utilizada para la tala de árboles y corte de madera.

Figura 203: Tala de árbol con motosierra

Fuente: www.ecologismo.com

Debido a que la "Ley Forestal" y su reglamento no contiene normas que desarrollen específicamente lo relativo al control efectivo del uso y registro me motosierras, se crea la "Ley Reguladora del Registro, Autorización y Uso de Motosierras", mediante el Decreto Número 122-96. Esta ley tiene como objeto el registro, autorización y uso de las motosierras, que debe tener toda persona individual o jurídica que se dedique a la venta, arrendamiento, servicio y uso de las mismas ante el Instituto Nacional de Bosques (INAB).

Para las actividades de venta y arrendamiento de motosierras, el comprador o arrendador debe estar registrado como "Personas individuales o jurídica dedicadas a la compra venta y prestación de servicios de motosierras", además que debe registrar e identificar las motosierras ante el INAB, donde deben registrar el nombre del dueño o representante legal de la empresa o arrendadora, dirección o sede social, nombre de la empresa importadora, dirección, marca de motosierra, modelo, numero de serie, entre otros.

Las personas que deseen hacer uso de motosierras deben solicitar la autorización al momento de presentar los planes de manejo para aprovechamiento forestal, proporcionando la información descrita anteriormente.

El registro de las motosierras se debe llevar a cabo en las direcciones regionales o subregionales del INAB, para solicitar el registro se debe llenar el formulario "REGISTRO INDIVIDUAL DE MOTOSIERRAS", el cual se puede encontrar en el sitio Web del INAB http://inab.gob.gt/ en el apartado del Registro Nacional Forestal (RNF). El RNF tiene como objeto regular los procedimientos para inscripción y actualización de datos del sector forestal. En este apartado se puede encontrar todos lo referente a funcionamiento y procedimientos de inscripción. Para llevar a cabo el registro se debe presentar lo siguiente:

- ✓ Formulario de "REGISTRO INDIVIDUAL DE MOTOSIERRAS", debidamente lleno. (Ver Apéndice "Capítulo 26")
- ✓ Fotocopia de la cédula de vecindad o DPI del propietario o representante legal de la empresa, que en su caso debe llevar fotocopia del respectivo nombramiento.
- ✓ Fotocopia de la factura o documento que acredite la compra de la motosierra, en los casos en los que no exista compra-venta se deberá acompañar al expediente la declaración jurada ante notario.

El ingreso de los expedientes debe realizarse a través de las direcciones regionales o subregionales del INAB de su jurisdicción. Los requisitos e información se deben verificar durante los siguientes 5 días hábiles y el expediente debe ser avalado por el Director Regional, motivo por lo que al usuario se le entrega una copia del formulario indicando la fecha de recepción de los documentos ya que los documentos de deben enviar a la Dirección Regional. De verificar correctamente la información se otorgará la constancia de registro, la cual debe contar con firma y sello del Registro Nacional Forestal. Es importante notar que se adquiere el compromiso de actualizar periódicamente la información, como mínimo cada 5 años. Para actualizar la información solamente se debe presentar el formulario correspondiente con la información actualizada. La "Ley Reguladora del Registro, Autorización y Uso de Motosierras" exceptúa su aplicación a los siguientes casos:

- ✓ Motosierras de uso doméstico que se utilicen para fines ornamentales, que no excedan de 1.5 caballos de fuerza y una barra o espada de corte de hasta 16 pulgadas de longitud.
- ✓ Las unidades agrícolas en su actividad y regulación del uso de desombre, poda, tala y raleo de cultivo de café, cardamomo, cacao y otros cultivos agrícolas similares.
- ✓ Las unidades ganaderas en su actividad y regulación de cercas y corrales.

26.3.2. Aserradero móvil. Un aserradero móvil es una máquina portátil que dimensiona la madera, generalmente están formadas por varias piezas desmontables que facilitan el traslado de la misma dentro de un bosque. La característica principal es que para realizar cortes longitudinales la troza se fija con ganchos, siendo la sierra principal móvil la que se desliza para realizar el corte. (Mendoza, 2001)

Figura 204: Corte de madera con aserradero móvil

Fuente: http://www.tecnocorte.com/

El registro de estos tipos de aserradero se debe llevar a cabo en las direcciones regionales o subregionales del INAB, para solicitar el registro se debe llenar el formulario "REGISTRO INDUSTRIAS FORESTALES", el cual se puede encontrar en el sitio Web del INAB http://inab.gob.gt/ en el apartado del Registro Nacional Forestal.

El Registro Nacional Forestal (RNF) tiene como objeto regular los procedimientos para inscripción y actualización de datos del sector forestal. En este apartado se puede encontrar todos lo referente a funcionamiento y procedimientos de inscripción. Para llevar a cabo el registro se debe presentar lo siguiente:

- ✓ Formulario "REGISTRO INDUSTRIAS FORESTALES", debidamente lleno. (Ver Apéndice "Capítulo 26")
- ✓ Informe técnico que será practicado de oficio por orden de la dirección regional o subregional correspondiente.
- ✓ Fotocopia de la patente de comercio autenticada con la especificación clara del objeto del negocio como actividad forestal, dirección exacta del sitio de funcionamiento, en el caso de que sea una sucursal, esta debe contar con su propia patente de comercio.
- ✓ Fotocopia del carné del NIT
- ✓ Fotocopia de la cédula de vecindad o DPI del propietario o representante legal de la empresa, que en su caso debe llevar fotocopia del respectivo nombramiento.

El ingreso de los expedientes debe realizarse a través de las direcciones regionales o subregionales del INAB de su jurisdicción. Los requisitos e información se deben verificar durante los siguientes 5 días hábiles, el cumplimiento de los requisitos y la información solicitada debe ser verificado. Una vez verificada la información correctamente se otorgará la constancia de registro. Es importante notar que se adquiere el compromiso de actualizar periódicamente la información, como mínimo cada 3 años. Para actualizar la información solamente se debe presentar el formulario correspondiente con la información actualizada. (Reglamento RNF)

26.4. Tipos de cortes según la madera

26.4.1. Apeo de árboles.

Un apeo bien realizado permite tener un mejor rendimiento del aprovechamiento de este y por lo tanto mayores ganancias. El primer paso es

seleccionar el árbol que se desea talar mediante la observación, pues antes de realizar cualquier corte hay que reconocer las características del árbol por alar, ya que esto a su vez permite escoger el método de tala más apropiado. Las características que se deben observar y tomar en cuenta según Tanner (1996) son:

- ✓ Especie y diámetro del árbol: la especie, edad y características tales como fibras largas o cortas pueden ayudar a determinar si el árbol se puede rajar fácilmente y por ende se deben conocer.
- ✓ Pie del árbol: se debe determinar el tamaño de las raíces si éstas son prominentes, para determinar si hay que cortarlas antes o después del apeo.
- ✓ Copa: se debe observar si el peso de la copa está bien distribuido o desequilibrado.
- ✓ Forma del fuste: observar si el fuste está encorvado o inclinado para saber en cual dirección está el peso del árbol.
- ✓ Altura del árbol: la altura determina el área de caída y de peligro, el lugar de impacto de la copa y si existe peligro para personas, construcciones, plantaciones, tendido eléctrico, etc.
- ✓ Ramas y bejucos: verificar si existen ramas secas o quebradas que podrían caerse durante el trabajo de apeo o si hay bejucos que conectan con otros árboles.

Luego se debe determinar cuál será la dirección de caída del árbol, ya que si no se determina correctamente puede haber daños tanto a personas, como al árbol que se talará y los árboles o plantaciones aledañas. Según CSST (2007) para determinar la dirección de caída se recomienda tomar en cuenta factores como:

- ✓ Inclinación del terreno
- ✓ Dirección del viento
- ✓ Inclinación natural del árbol
- ✓ Distribución del peso de la cima

Ya definida la dirección de caída, es necesario identificar los elementos que puedan originar un peligro, CSST (2007) define que los elementos que generan peligro son:

- ✓ Tocones de árboles, árboles peligrosos y troncos nocivos
- ✓ Ramas muertas o ramas suspendidas

- ✓ Árboles enredados
- ✓ Características del terreno
- ✓ Ubicar obstáculos en el suelo y en la dirección de caída del árbol
- ✓ Defectos patológicos como putrefacción u hongos

El operador debe tener muy en cuenta cual es su plano de tala seguro, en el cual debe de identificar sus dos salidas de emergencia, cada una 45° hacia atrás de la dirección de caída del árbol.

Figura 205: Plano de tala seguro

Fuente: Elaboración propia, 2011

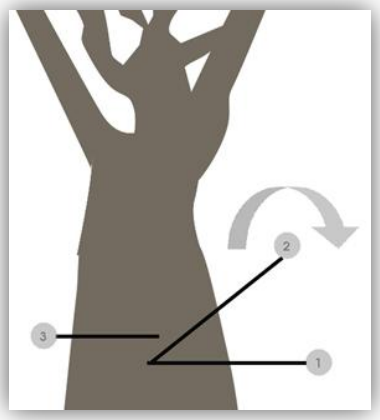
Luego se inspecciona el árbol, INTECAP (2005) define que la mejor manera es mediante un barreno de tornillo de acero inoxidable el cual se debe introducir hasta la mitad del diámetro del tronco del árbol, antes de ser talado. Esto se hace con el fin de localizar madera dañada o para calcular el porcentaje de la madera en descomposición y lograr detectar las posibles plagas que tengan los árboles.

26.4. 1.1. Preparación de la zona de tala. El talador debe preparar la zona de tala que ya ha delimitado anteriormente y toma las medidas necesarias para que nadie se encuentre dentro del área. El procedimiento que se debe llevar a cabo según CSST (2007) son:

- ✓ Eliminar los elementos peligrosos en la dirección de caída del árbol: debe eliminar los tocones de árboles que pueden alcanzarle o tallos nocivos que pueden provocar rebotes o crear varas dobladas.
- ✓ Podar el pie del árbol: el trabajador debe quitar las malezas y las ramas en la base del árbol.
- ✓ Despejar la salida de emergencia: el trabajador despeja por lo menos 2 metros de cada una de las vías o rutas de escape que se delimitan como áreas seguras en el plano de tala seguro. Estas son las vías de alejamiento que deberá utilizar cuando el árbol inicie su caída.
- ✓ Limpiar el tronco del árbol a talar: el trabajador tiene la sierra delante de él y tiene cuidado de no levantarla por encima de los hombros, utiliza la parte inferior de la guía de cadena para talar efectuando un movimiento de arriba hacia abajo utilizando el tronco para protegerse manteniendo una posición ergonómica.

26.4.1.2. Aplicación del plan de tala. La técnica de tala direccional, incluye medidas precisas para hacer una bisagra o muesca que guía la caída del árbol en la dirección deseada, esta muesca se debe realizar en todos los árboles con diámetro de 15 centímetros o mayor. El ángulo de apertura de la muesca varía dependiendo de distintos factores y su profundidad debe ser de un tercio (1/3) del diámetro del árbol, nunca menor a un quinto (1/5), ya que si no se corre el riego que el árbol no caiga en la dirección deseada. En general se deben realizar tres trazos de la sierra, los dos primeros trazos constituyen la muesca (1 y 2) y el tercero es el trazo de tala (3). (CSST, 2007)

Figura 206: Forma general de talar árboles



Fuente: Elaboración propia, 2011

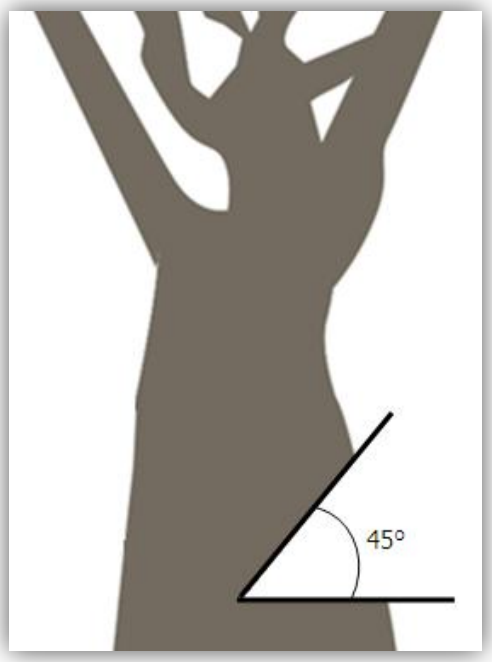
Los pasos para talar un árbol según CSST (2007) son:

- ✓ Hacer los dos trazos de la muesca que se haya elegido.
- ✓ Ejecutar el trazo de corte, al menos 2.5 centímetros por encima del punto de encuentro de los trazos de la muesca, sin que llegue al corte de dirección, se debe dejar un décimo (1/10) del diámetro como "bisagra" de caída, que es la que retarda la caída del árbol.
- ✓ Media vez se ejecuta el trazo de caída, el árbol debe empezar a caer, si no es así, se utiliza una herramienta como palanca.
- ✓ Cuando comienza a caer el árbol el talador se aleja al menos 2 metros por la vía de escape definida en el plan de tala seguro, sin perder de vista la cumbre del árbol.

26.4.1.2.1. Tipos de muescas. Existen tres tipos de muescas para direccionar la caída del árbol, las cuales se deben realizar en la cara de la dirección en la que se desea que caiga el árbol. Estos tipos de muescas según CSST (2007) son:

- ✓ Muesca clásica: Se utiliza en la mayoría de los árboles, la muesca debe realizarse con un trazo transversal y uno oblicuo a 45°, la apertura máxima que puede tener la muesca es de 59°.

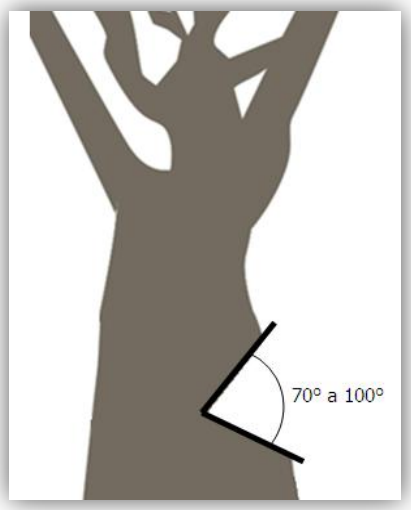
Figura 207: Muesca clásica



Fuente: Elaboración propia, 2011

- ✓ Muesca abierta: Se utiliza en época de invierno, si el árbol se encuentra en un terreno con pendiente. La apertura debe ser entre 70° y 100°.

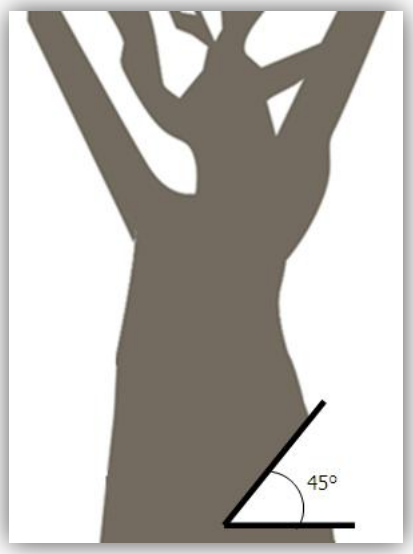
Figura 208: Muesca abierta



Fuente: Elaboración propia, 2011

- ✓ Muesca Humboldt: Se utiliza en árboles cuya madera es de gran valor debe realizarse con un trazo oblicuo a 45°, la apertura máxima que puede tener la muesca es de 59° y un trazo transversal.

Figura 209: Muesca Humboldt



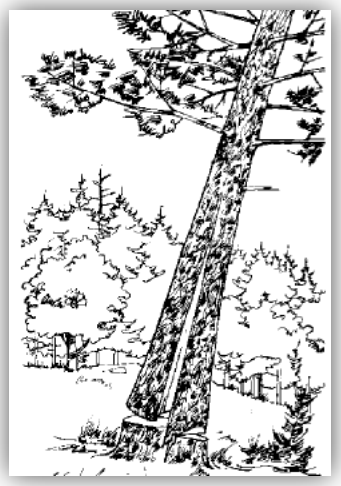
Fuente: Elaboración propia, 2011

26.4. 1.3. Tala de árboles que presentan problemas. El procedimiento de corta de un árbol o el tipo de muesca que se utiliza puede variar dependiendo de las características del árbol o las condiciones en las que se encuentre. A continuación se define la manera de talar el árbol en las condiciones que generalmente se encuentran al momento de realizar el trabajo según CSST (2007).

26.4.1.3.1. Árboles que deben caer en dirección de su inclinación natural. Para árboles que deben caer en la dirección de su inclinación natural, se debe aplicar una técnica de perforación, de no ser así, el árbol presenta un gran riesgo de iniciar su caída antes que el trazo de corte este completo, creando un estallido de la madera o silla de barbero. Los pasos a seguir para realizar la tala del árbol son:

- ✓ Realizar la muesca de dirección.
- ✓ Realizar el trazo de tala mediante la inserción de la parte inferior de la cadena en el tronco y empujarla dejando una bisagra de 1/10 del diámetro del árbol y un talón que mantenga el árbol en posición.
- ✓ Terminar el trazo de tala cortando el talón en el interior para árboles con diámetro menor a 15 centímetros y en el exterior para árboles de diámetro mayor de 15 centímetros.
- ✓ Cuando comienza a caer el árbol el talador se aleja al menos 2 metros por la vía de escape definida en el plan de tala seguro, sin perder de vista la cumbre del árbol.

Figura 210: Estallido de la madera

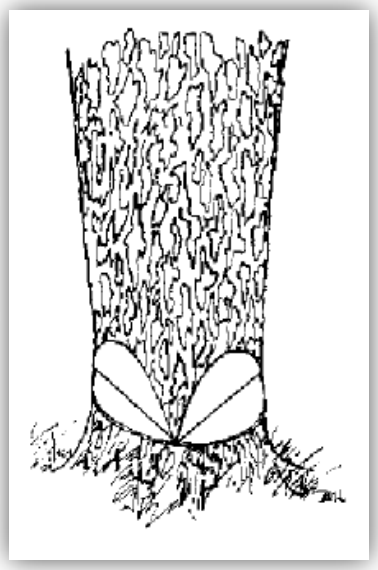


Fuente: CSST, 2007

26.4.1.3.2. Árboles pequeños con una fuerte inclinación o cuya compresión sea demasiado grande para hacer una muesca de dirección. Se utiliza una técnica de doble muesca que elimina el riesgo que la sierra de cadena se atasque y rebote. Los pasos a seguir para realizar la tala del árbol son:

- ✓ Realizar dos muescas de dirección de profundidad de un tercio (1/3) del diámetro del árbol. Las muescas deben juntarse y formar una "V", la punta de esta indica la dirección de caída.
- ✓ Realizar el trazo de tala en dirección de la punta hasta que el árbol comience su caída.
- ✓ Cuando comienza a caer el árbol el talador se aleja al menos 2 metros por la vía de escape definida en el plan de tala seguro, sin perder de vista la cumbre del árbol.

Figura 211: Técnica de doble muesca



Fuente: CSST, 2007

26.4.1.3.3. Árboles que deben caer en dirección que no sea su inclinación natural.

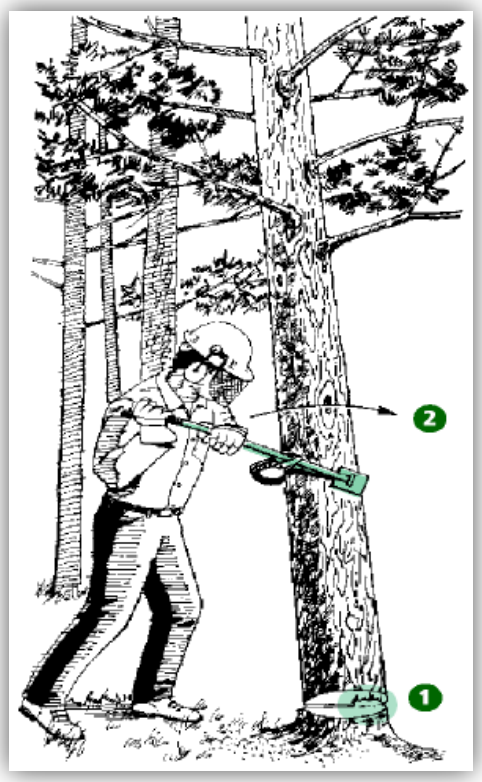
- ✓ Realizar la muesca de dirección.
- ✓ Hacer una pequeña incisión del lado inclinado del árbol.
- ✓ Realizar el trazo de tala entrando por el lado por el cual el árbol se inclina naturalmente e insertar una palanca o esquina.

- ✓ Terminar el trazo de tala en el lado contrario.
- ✓ Dejar una bisagra cuyo lado opuesto a la inclinación natural es una dimensión superior a un décimo (1/10) del diámetro del árbol.
- ✓ Cuando comienza a caer el árbol el talador se aleja al menos 2 metros por la vía de escape definida en el plan de tala seguro, sin perder de vista la cumbre del árbol.

26.4.1.3.4. Árboles enredados. Un árbol enredado es aquel que naturalmente o no, está sujeto por uno o más árboles vecinos de pie, entrelazados entre sí. Para poder talarlo de forma segura se debe utilizar una cisterna o un remolque. Si no hay cisterna o remolque la tala se hace manual en dos tiempos:

- ✓ Talar la bisagra, guardando una pequeña parte del lado en que el árbol se pueda despejar fácilmente.
- ✓ Rodar el árbol empujando la palanca de talar.
- ✓ El árbol debe caer por sí mismo.

Figura 212: Apeo de árbol enredado



Fuente: CSST, 2007

26.4. 1.4. Medidas de seguridad para apeo de árboles. CSST (2007) describe las medidas de seguridad que se deben tomar en cuenta al momento de talar árboles, las cuales son:

- ✓ Nunca trabajar donde un árbol enredado pueda caerse, ni derribar otro árbol sobre un árbol enredado.
- ✓ No tratar de cortar un árbol que ya apoya a otro.
- ✓ Nunca dejar un árbol de pie con la muesca de dirección o trazo de tala ya hecho.
- ✓ No trabajar a menos de 45 metros de otro talador.
- ✓ No cortar un árbol en dirección de un tocón.
- ✓ Nunca hacer muescas de dirección sobrepasadas, ya que conlleva a riesgos en que el árbol puede:
    - o Caer inesperadamente en una dirección no deseada.
    - o Rebotar sobre el tronco e incluso sobre el talador.
    - o Inmovilizarse o inclinarse ligeramente.
    - o Estallar o se parte sobre una parte del tronco (silla de barbero).
    - o La fibra de la base del tronco se rompe, esto lo devalúa.

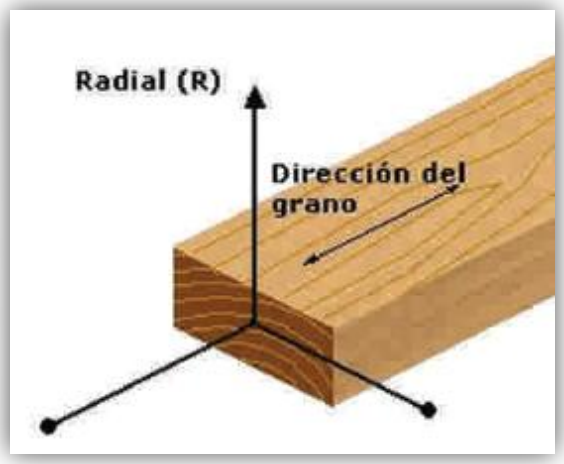
El equipo mínimo de seguridad que debe utilizar cualquier talador de árboles es el siguiente:

- ✓ Casco de seguridad con visera
- ✓ Protectores de oídos
- ✓ Botas con suela antideslizante y punta de acero
- ✓ Pantalones con protectores
- ✓ Guantes de cuero
- ✓ Equipo de primeros auxilios

26.4.2. Posiciones de corte. La madera es un material anisotrópico, lo que significa que tiene diferentes propiedades dependiendo de la dirección que se mida. Esto, según sea el plano o dirección que se considere con respecto a la dirección longitudinal de sus fibras y anillos de crecimiento, por lo que el comportamiento físico y mecánico del material presenta resultados diferenciados. Por ejemplo, la madera resiste entre 20 y 200 veces más en el sentido del eje del árbol, que en el sentido transversal. Es debido a este comportamiento estructural tan desigual, que se ha hecho necesario establecer los ejes radiales, transversales y tangenciales. (Fritz Duran, 2008)

26.4.2.1. Eje radial. El eje radial es perpendicular a los anillos de crecimiento y al eje longitudinal.

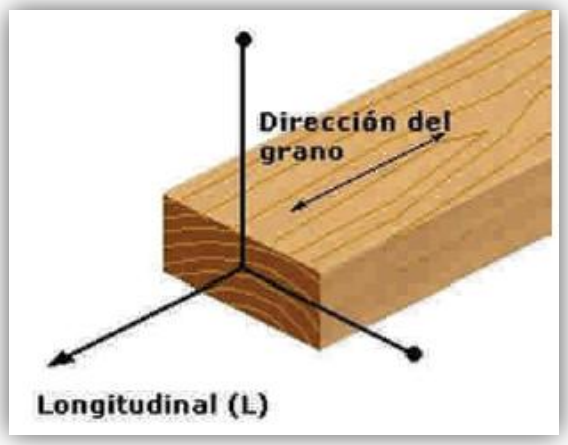
Figura 213: Eje radial en una pieza de madera



Fuente: Fritz Duran, 2008

26.4.2.2. Eje transversal. El eje transversal o longitudinal es paralelo a la dirección de las fibras y por ende al eje longitudinal del tronco. Forma una perpendicular respecto al plano formado por los ejes tangencial y radial.

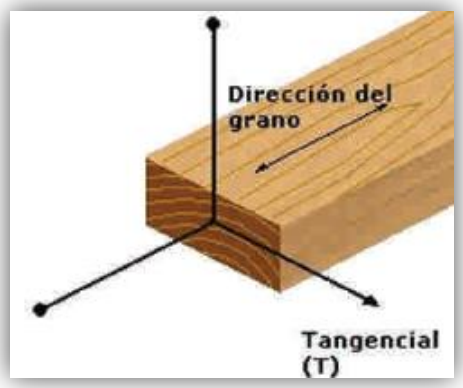
Figura 214: Eje transversal en una pieza de madera



Fuente: Fritz Duran, 2008

26.4.2.2. Eje tangencial. El eje tangencial es tangente a los anillos de crecimiento y perpendicular al eje longitudinal de la pieza.

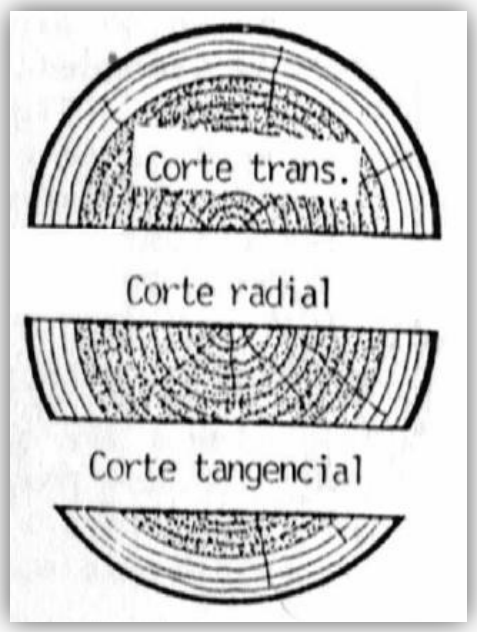
Figura 215: Eje tangencial en una pieza de madera



Fuente: Fritz Duran, 2008

26.4.2. Tipos de corte. Al momento de utilizar maquinaria para aserrar madera, el operador debe adecuar el corte de tal forma que obtenga madera aserrada con las texturas ideales. Con el tipo de corte aplicado se pueden prevenir los alabeos o torceduras en tablas aserradas durante el secado. Los tipos de corte son radiales, transversales y tangenciales. INTECAP (2005) los define como:

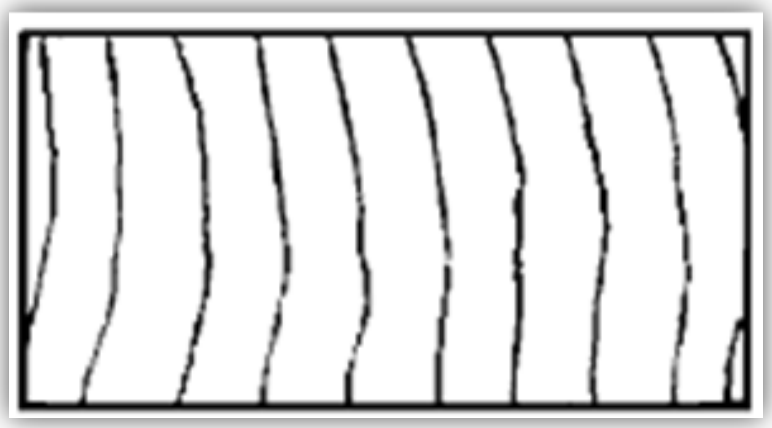
Figura 216: Tipos de corte



Fuente: INTECAP, 2005

26.4.2.1. Corte radial. El corte radial se refiere a un corte longitudinal por la mitad del tronco, en el cual los anillos anuales se miran como líneas rectas y paralelas. Los rayos medulares se reconocen en ciertas maderas en corte radial dado a sus colores blancos y brillantes a través de los anillos anuales. En maderas con anillos anuales bien marcados el corte radial se observa con claridad.

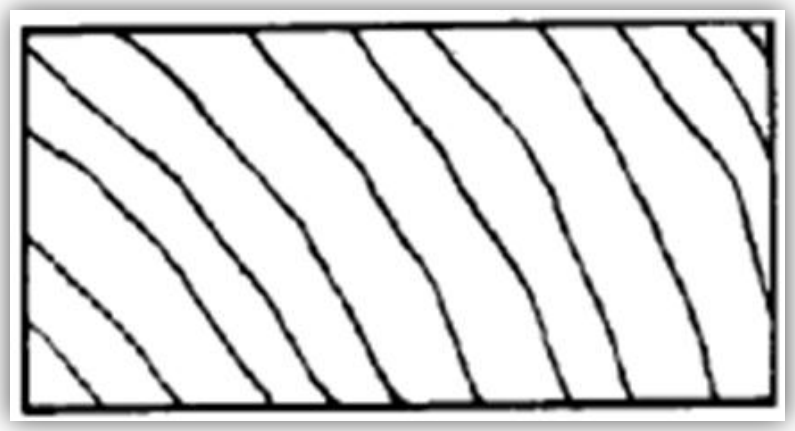
Figura 217: Corte radial



Fuente: Green, 1999

26.4.2.2. Corte transversal. El corte transversal se realiza a través del eje del tronco, en el corte se pueden observar de adentro hacia fuera, la medula, los anillos anuales, el liber y la concha o corteza. Este tipo de corte es muy importante para identificar la clase de madera.

Figura 218: Corte transversal



Fuente: Green, 1999

26.4.2.3. Corte tangencial. El corte tangencial va a lo largo del tronco, pero no en la mitad, el tronco con sus anillos anuales se reduce, lo que da como resultado anillos anuales en forma cónica, formando en cada corte parábolas alargadas.

Figura 219: Corte tangencial

Fuente: Green, 1999

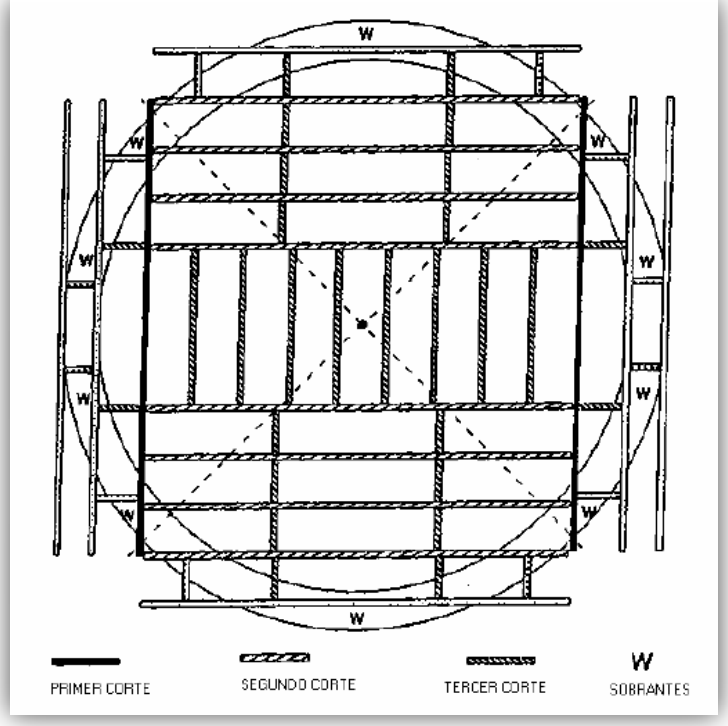
26.4.2.4. Orientación del corte y su efecto sobre las propiedades de la madera. La calidad de las tablas está estrechamente relacionada con la manera en que se corten las tablas. Según la forma en que se corte la troza es posible obtener tablas de primera calidad, de segunda o defectuosas. Si se cortan tablas sin considerar la dirección de la fibra se puede obtener madera defectuosa, la cual puede sufrir de pandeo, torsión, rajaduras, entre otros. La propiedad que tiene mayor efecto en la madera aserrada es la contracción y la dilatación, que por lo general toma lugar en el proceso de secado de la madera debido a la tensión y compresión que crean los anillos anuales. (INTECAP, 2005)

Figura 220: Efectos de la contracción

Fuente: Fritz Duran, 2008

A continuación se muestra el detalle de la forma correcta de aserrar la madera para conseguir tablas, sin embargo esta forma puede cambiar dependiendo de lo que se desee conseguir o extraer de la madera. Al cortar las trozas de esta forma, la madera aserrada sufre cambios pequeños.

Figura 221: Como cortar la troza



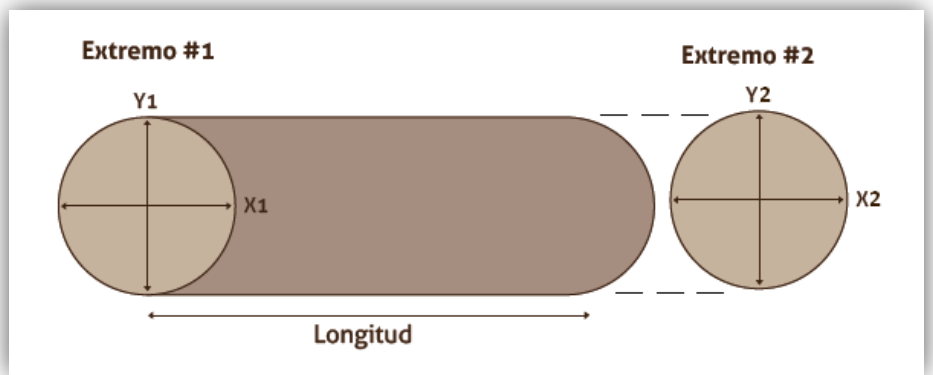
Fuente: INTECAP, 2005

26.5. Cubicación de la madera

El Instituto Nacional de Bosques (INAB, 2000) describe la cubicación como la determinación del volumen de productos forestales, procesados o no para lo cual es necesaria la medición de sus dimensiones. Existen diferentes metodologías para la cubicación de la madera en sus distintas presentaciones, entre las cuales se encuentran la madera en rollo, madera procesada, leña, etc.; estas son maneras sencillas y rápidas de obtener una aproximación del lote de madera que se explican en la "Guía Práctica para Cubicación de Madera" del INAB. Además, existen tablas de consulta para estimar el volumen para personas que no tengan una instrucción avanzada en conversiones y cálculos matemáticos, las cuales se pueden encontrar en el (Ver Apéndice "Capítulo 26")

26.5.1. Medición de la madera en troza individual. INAB (2000) define la "madera en troza" como madera no procesada. Esta se puede encontrar distintos lugares como: bosques, medios de transporte o patios de apilamiento en la industria. Para poder calcular el volumen de una troza de madera primero debemos medir el diámetro de la troza en ambos extremos en forma de cruz (en metros), ver figura "medición de diámetro de la troza".

Figura 222: Medición de diámetro de la troza



Fuente: Elaboración propia, 2011

Una vez se obtienen ambos valores, se realiza un promedio de estos y se obtiene el "Diámetro Promedio del Extremo #1" como se explica a continuación.

$$Diámetro\ promedio\ extremo\ \#1 = (X1 + Y1)/2$$

El procedimiento se repite con el otro extremo de la troza y se obtiene el "Diámetro Promedio del Extremo #2.

$$Diámetro\ promedio\ extremo\ \#2 = (X2 + Y2)/2$$

Una vez tenemos estos resultados los promediamos nuevamente, esto con el fin de obtener un "Diámetro Promedio de la Troza" lo más exacto posible.

$$Diámetro\ promedio\ de\ la\ troza = \frac{diámetro\ promedio\ extremo\ \#1 + diámetro\ promedio\ extremo\ \#2}{2}$$

Luego se procede a medir la longitud total de la troza de extremo a extremo (en metros). Puesto a que el diámetro promedio de la troza y la longitud se utilizan para obtener el volumen de la troza de la siguiente manera:

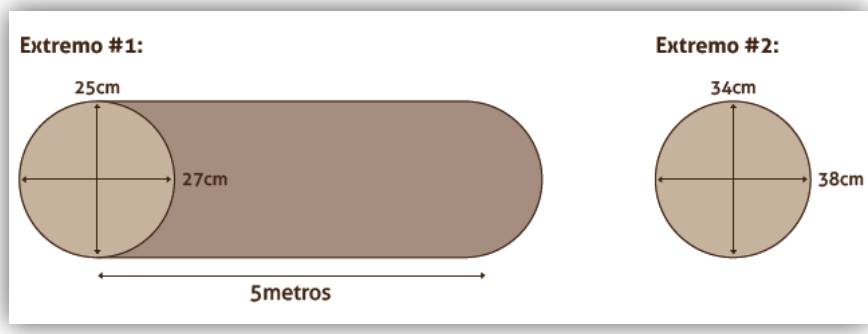
$$V = 0.7854 \times D^2 \times L$$

Donde *V* es el volumen en metros cúbicos, *D* es el diámetro promedio de la troza en metros y *L* es el largo de la Troza en metros.

- ✓ Ejemplo #1:

Si una troza mide en un extremo 25 cm en un lado de la cruz y 27 en el otro, el largo de la troza es de 5 metros y el otro extremo mide 34 cm en un lado de la cruz y 38 cm en el otro. ¿Cuál es el volumen de la troza?

Figura 223: Dimensión de la troza Ejemplo #1



Fuente: Elaboración propia, 2011

$$Diámetro\ promedio\ extremo\ \#1 = \frac{(0.25 + 0.27)}{2} = 0.26$$

$$Diámetro\ promedio\ extremo\ \#2 = \frac{(0.34 + 0.38)}{2} = 0.36$$

$$Diámetro\ promedio\ de\ la\ troza = \frac{(0.26 + 0.36)}{2} = 0.31$$

$$V = 0.7854 \times 0.31^2 \times 5$$

$$V = 0.3773 m^3$$

26.5.2. Medición de la madera apilada. INAB (2000) determina que la medición de madera en troza apilada ya sea en un patio o en un vehículo se realiza calculando el volumen de cada troza, de la manera que se muestra en el inciso anterior y luego se suman todos los volúmenes, de la siguiente manera:

$$V\ total = V_1 + V_2 + V_3 + \ ... + \ V_n$$

Donde *V* total es el volumen de la madera apilada en metros cúbicos y *n* es el número total de trozas.

- ✓ Ejemplo #2:

Se tienen 4 trozas con los siguientes volúmenes: 0.643 m³, 0.492 m³, 0.566 m³ y 0.501 m³. ¿Cuál es el volumen total?

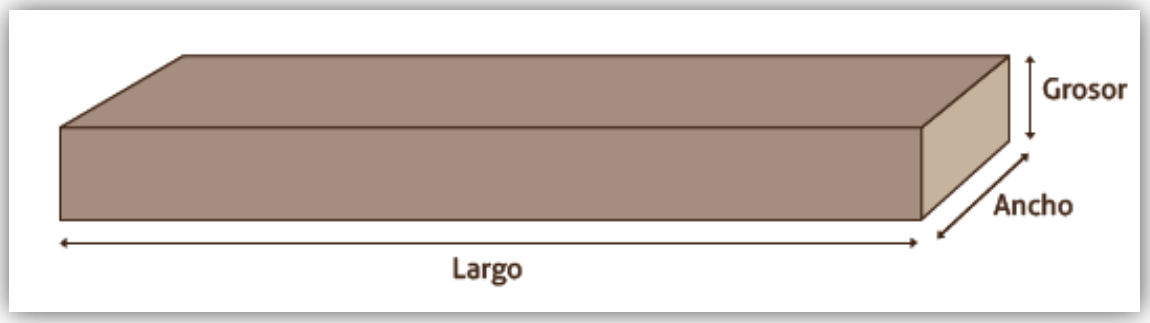
$$V\ total = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$
$$V\ total = 0.643 + 0.492 + 0.566 + 0.501$$
$$V\ total = 2.202 m^3$$

26.5.3. Medición de la madera procesada. La madera procesada se cataloga en diferentes formas, esto según el grado de procesamiento que tengan. INAB (2000) los identifica como madera en tablón, tabla, regla o según la manera de almacenamiento y determina la correcta manera de cubicarla, como se muestra en los siguientes incisos.

26.5.3.1. Madera escuadrada o aserrada por unidad. Para la medición de la madera escuadrada o aserrada por unidad se deben medir las tres dimensiones de la pieza en metros (largo, ancho y grosor). Media vez se tienen las tres dimensiones estas se multiplican entre sí para obtener el volumen.

$$V = Ancho * Largo * Grosor$$

Figura 224: Medición de la madera aserrada por unidad



Fuente: Elaboración propia, 2011

✓ Ejemplo #3:

Se tiene una tabla con un grueso de 0.25 m, un largo de 3.2 m y un ancho de 0.38m. ¿Cuál es el volumen de la tabla?

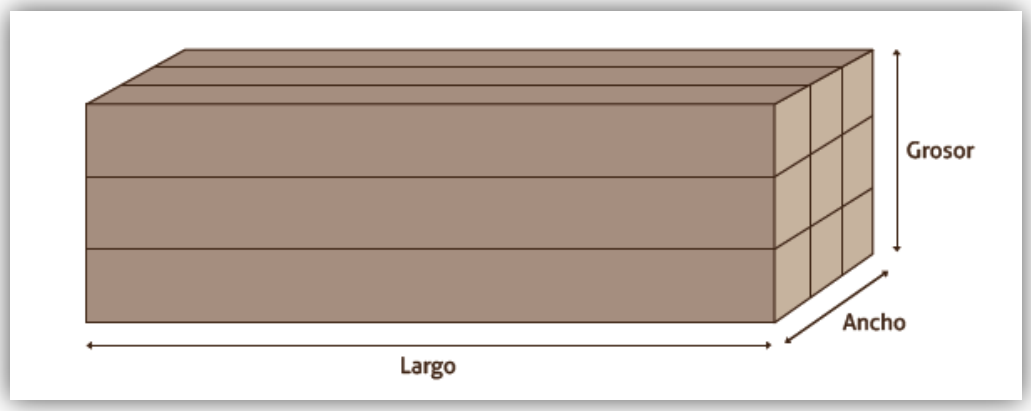
$$V = 0.25 \times 3.2 \times 0.38$$

$$V = 0.304m^3$$

26.5.3.2. Madera aserrada estribada. La medición de la madera aserrada estribada se puede calcular midiendo las dimensiones del bloque de madera y multiplicándolas entre sí, siempre y cuando todas las piezas tengan el mismo tamaño y dimensiones.

$$V = Ancho * Largo * Grosor$$

Figura 225: Medición de la madera aserrada estribada

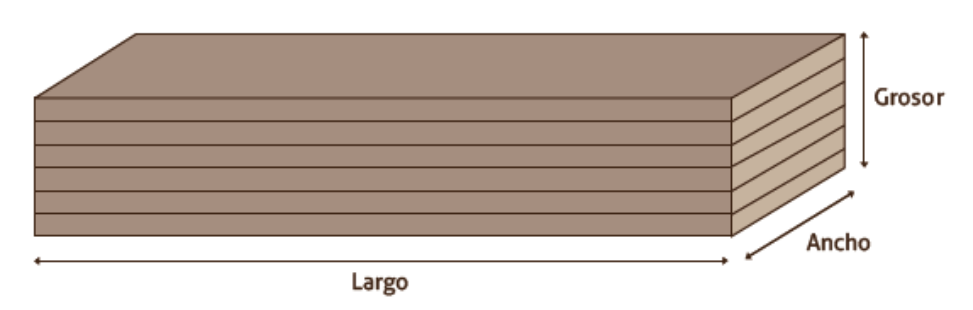


Fuente: Elaboración propia, 2011

26.5.3.3. Medición de plywood. La medición de plywood se realiza de la misma manera, en este caso las láminas de plywood se apilan formando bloques.

$$V = Ancho * Largo * Grosor$$

Figura 226: Medición de plywood

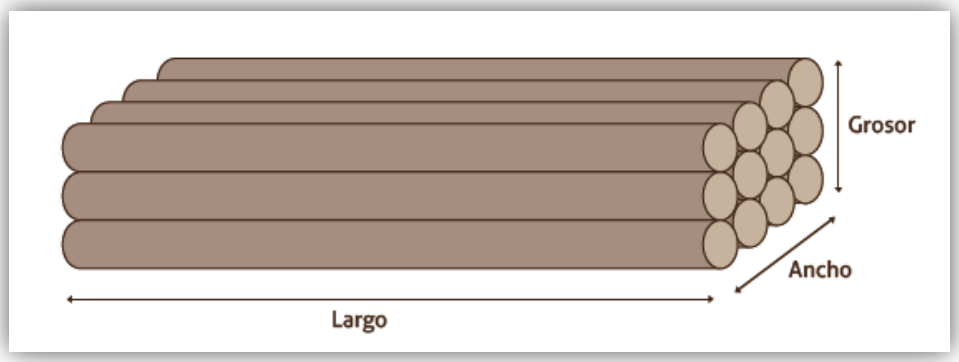


Fuente: Elaboración propia, 2011

26.5.3.4. Medición de bolillo. La medición de bolillo se diferencia un poco de los casos anteriores, ya que las piezas son redondas y por ende no todo el espacio del bloque se está considerado como volumen sólido. Para medir este volumen se sigue el mismo procedimiento que se describió para bloques pero el resultado se multiplica por 0.75, para considerar únicamente el volumen del sólido.

$$V = 0.75(Ancho \times Largo \times Grosor)$$

Figura 227: Medición de bolillo



Fuente: Elaboración propia, 2011

✓ Ejemplo #4:

Se tiene un bloque de madera en bolillo de 3 m de largo, 1.75 m de ancho y 1.2 m de grosor. Determine el volumen de madera en bolillo.

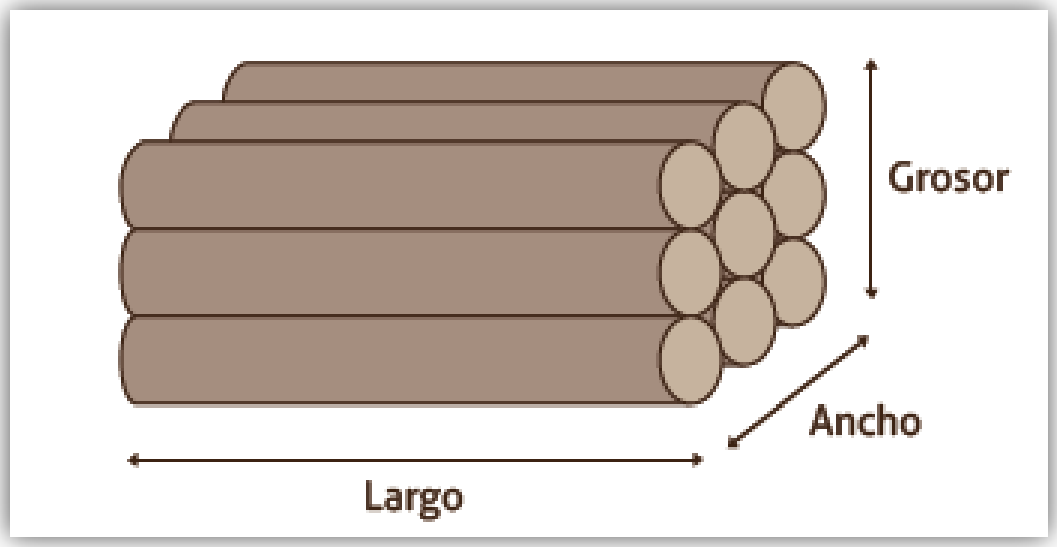
$$V = 0.75(1.75 \times 3 \times 1.2)$$
$$V = 4.725m^3$$

26.5.4. Medición de leña. La madera para leña se cataloga de dos formas según INAB (2000), dependiendo el origen con relación al árbol, pues la leña puede ser rajada (originaria del fuste del árbol) o de palito (originada de las ramas del árbol). INAB (2000) determina la correcta manera de cubicarlos tal como se explica en los siguientes incisos.

26.5.4.1. Leña rajada. La medición de leña rajada se hace formando un rectángulo con los trozos de leña y se mide en sus tres dimensiones en metros (largo, ancho y grosor). Una vez se tienen las tres dimensiones éstas se multiplican entre sí para obtener el volumen, que se multiplica por 0.784 para considerar únicamente el volumen de la madera sólida.

$$V = 0.784(Ancho \times Largo \times Grosor)$$

Figura 228: Medición de leña rajada



Fuente: Elaboración propia, 2011

- ✓ **Ejemplo #5:**

Se tiene un bloque de leña rajada de 3 m de largo, 1.75 m de ancho y 1.2 m de grosor. Determine el volumen de madera en bolillo.

$$V = 0.784(1.75 \times 3 \times 1.2)$$
$$V = 4.939m^3$$

26.5.4.2. Leña de palito. La medición de leña de palito se hace formando un rectángulo con y se mide en sus tres dimensiones en metros (largo, ancho y grosor). Media vez se tienen las tres dimensiones estas se multiplican entre sí para obtener el volumen, que se multiplica por 0.5 para considerar únicamente el volumen de la madera sólida.

$$V = 0.5(Ancho \times Largo \times Grosor)$$

26.5.5. Medición de postes. INAB (2000) describe la medición del volumen de un poste de tendido eléctrico, el cual se calcula de la misma manera que el volumen de una troza, seccionando el poste en secciones no mayores de tres metros cada una y considerando cada sección como una troza individual. Media vez todas las secciones estén cuantificadas, se debe realizar la sumatoria de los volúmenes de cada sección para obtener el volumen total del poste que se está considerando.

La medición del poste apilado se debe realizar midiendo los diámetros y las alturas de cada poste, obteniendo los volúmenes individuales para luego realizar la sumatoria de estos y obtener el volumen total.

26.5.6. Conversiones. El sistema oficial utilizado en Guatemala es el Sistema Internacional de Medidas (métrico decimal), sin embargo el más utilizado para esta actividad es el Sistema Ingles. Es importante notar que en toda la documentación oficial ante el INAB las medidas deben ir en Sistema Internacional.

- ✓ Sistema Internacional de Medidas: Las dimensiones utilizadas de este sistema en la actividad forestal son el metro (m), metro cuadrado (m^2) y metro cúbico (m^3). Si un

metro llegara a ser una dimensión muy grande para medir, se utilizan los centímetros (cm), donde 1m = 100cm.

- ✓ Sistema Inglés: Las dimensiones utilizadas en este sistema en la actividad forestal son el pie, pie tablar y el pie Doyle. Si un pie llegara a ser una dimensión muy grande para medir, se utilizan las pulgadas (pulg.), donde 1pie = 12pulg.

A continuación se muestran las conversiones entre las medidas a utilizar:

Tabla 92: Conversiones de las medidas más utilizadas

CONVERSIONES	
1 pie	12 pulg
3.28 pie	1m
1 pie	30.48 cm
1 pulg.	2.54 cm
1 pie^3	12 pie tablar
1 pie^3	0.0283 m^3
1 m^3	424 pie tablar

Fuente: INAB, 2011

27. TRANSPORTE DE BOSQUE A ASERRADERO

El transporte de bosque a aserradero se refiere a la movilización de la madera en troza, la cual representa la principal materia prima para el sector primario. El trayecto comienza cuando la madera se tumba en el bosque y se traslada al sector primario, que por lo general se refiere a aserraderos.

Figura 229: Transporte de madera en troza

Fuente: Elaboración propia, 2010

El Instituto Nacional de Bosques (INAB) tiene como objeto regular los documentos de transporte y la verificación de la procedencia de los productos forestales dentro del territorio nacional, con excepción de los productos forestales que provienen de áreas protegidas. Los productos forestales que provienen de áreas protegidas son regulados por la Comisión Nacional de Áreas Protegidas (CONAP).

Para poder regular la procedencia de los productos forestales el INAB crea el "Reglamento de Transporte de Productos Forestales". Este reglamento tiene la intención de dictar las medidas necesarias para determinar la procedencia legal de los productos

forestales y establecer la documentación que respalde dicha procedencia. La División de Protección de la Naturaleza (DIPRONA) de la Policía Nacional Civil, se dedica patrullar tanto áreas protegidas como no protegidas y apoya al INAB con la regulación del transporte de productos forestales.

27.1. Documentos legales de transporte

Cualquier persona que desee transportar madera debe llevar consigo los documentos legales requeridos según sea el caso. Los documentos de verificación de procedencia aplican dependiendo del lugar de procedencia de la madera. Cualquiera de los tres tipos de documentos de verificación de procedencia puede amparar el origen de la madera que se está transportando, estos son:

- ✓ Nota de Envío de Bosque
- ✓ Guía de transporte
- ✓ Póliza de importación

Además, el transportista debe portar:

- ✓ Factura comercial
- ✓ Tarjeta de circulación
- ✓ Licencia de conducir

La ausencia de cualquiera de estos puede repercutir en un delito o una falta contra la ley dependiendo del volumen de madera que está siendo transportado y el origen o especie de la madera. (Ávila, 2010)

27.1.1. Nota de Envío de Bosque.

Se establece como único documento para el transporte y la verificación de procedencia de los productos forestales. La nota de envío de bosque ampara los productos forestales que provienen del lugar de un aprovechamiento forestal fuera de áreas protegidas. Las Notas de Envío se emitirán en triplicado, el original es el que respalda el traslado de producto forestal, el duplicado y triplicado son de carácter administrativo y no es obligatorio que acompañen al original.

Los productos forestales provenientes del lugar de aprovechamiento forestal autorizados por licencia o concesión forestal y los exentos de licencia forestal, deberán documentarse con nota de envío de bosque. Lo anterior, hace necesario clasificar las notas de envío de bosque en:

- ✓ Nota de envío de licencia o concesión forestal(Ver Apéndice "Capítulo 27")
- ✓ Nota de envío de exentos de licencia forestal (Ver Apéndice "Capítulo 27")

En el momento de una inspección, los oficiales de DIPRONA razonan las notas de envío para que evitar que las puedan volver a utilizar. Este razonamiento se realiza en la parte posterior del documento, en el cual se especifica la hora y fecha, ruta y la unidad que verificó los documentos. (Ávila, 2010)

Las Notas de Envío de Bosque serán emitidas por el Instituto Nacional de Bosques, conforme al formato y normas de seguridad que ellos han establecido.La información general que se encuentra en una "Nota de Envío de Bosque" es la siguiente:

- ✓ Clase de nota de envío.
- ✓ Número correlativo de la nota de envío.
- ✓ Fecha de salida del lugar de aprovechamiento.
- ✓ Nombre y número de identificación tributaria de la persona o empresa responsable.
- ✓ Lugar de procedencia de los productos forestales autorizados por el INAB.
- ✓ Nombre y volumen en metros cúbicos por especie y tipo de producto forestal, amparadas por la nota de envío; el volumen total a transportar deberá estar indicado en letras y números.
- ✓ Número de placas de circulación del vehículo que transporta los productos forestales.
- ✓ Nombre y firma del conductor, clase y número de licencia de conducir.
- ✓ Instructivo de uso, sanciones y observaciones.

La información particular que tendrá, según la clase de Nota de Envío de Bosque según INAB (2004) será la siguiente:

27.1.1.1. Notas de Envío de Bosque para licencia o concesión forestal

- ✓ Código de autorización del aprovechamiento forestal.
- ✓ Volumen en metros cúbicos, autorizados a extraer en el año de operación.

- ✓ Saldo del volumen en el año de operación.
- ✓ Lugar de destino de los productos forestales autorizados por el INAB.
- ✓ Firma del titular del aprovechamiento forestal.
- ✓ Espacios para la fecha de recepción, firma y sello del destinatario de los productos forestales.

27.1.1.2. Nota de Envío de Bosque para exentos de licencia forestal

- ✓ Número de inscripción en el Registro Nacional Forestal.
- ✓ Espacios para la fecha de recepción, firma y sello del destinatario de los productos forestales.
- ✓ Firma del titular del aprovechamiento forestal o de la persona a quien este delegue.

27.1.2. Guía de transporte.

La guía de transporte es el documento oficial que acredita el origen legal de especímenes, partes o derivados de la vida silvestre. Estas guías son emitidas por el CONAP y únicamente aplican para aprovechamientos forestales de áreas protegidas. La guía de transporte debe reunir los siguientes requisitos:

- ✓ Extenderse en papel de seguridad, impreso en series de diez mil unidades, identificando cada serie con una letra del abecedario.
- ✓ Indicar el tiempo de vigencia cuyo plazo debe ser entre tres y diez días.
- ✓ Contener la descripción clara de la documentación legal de origen de la cual es consecuencia y forma parte.
- ✓ Las cantidades y volúmenes autorizados se especificaran en letras y números.
- ✓ Indicar el nombre científico y nombre común de los especímenes, partes o derivados.
- ✓ Indicar la procedencia y destino.

La guía de transporte original y las copias deberán ser firmadas por el secretario ejecutivo del CONAP, la persona que lo sustituya o los delegados regionales. (CONAP, 2011)

27.1.3. Póliza de importación.

El artículo 15 del "Reglamento de Transporte de Productos Forestales" establece la póliza de importación como el documento que verifica la procedencia y el lugar de destino del producto forestal en el caso de que este sea importado.

27.1.4. Facturas. El transportista debe llevar consigo las facturas que amparan la carga que esta transportando. La facturación debe ser la correlativa de la empresa que envía el producto forestal. (Ávila, 2010)

27.1.5. Licencia de conducir. El transportista debe llevar consigo su licencia de conducir vigente, esta debe ser para el tipo de medio de transporte que está utilizando. La licencia no debe tener ningún tipo de modificación o alteración. (Ávila, 2010)

Figura 230: Licencia de conducir

Fuente: www.mycom.com.gt

27.1.6. Tarjeta de circulación. Ávila (2011) define que el transportista debe llevar consigo la tarjeta de circulación del vehículo en el cual esta transportando la madera, además de portar la constancia de pago a impuesto de circulación de vehículos.

Figura 231: Tarjeta de circulación

Fuente: www.sat.gob.gt

27.2. Horarios de transporte y tamaño de camiones autorizados

Actualmente la única restricción de horario de transporte que aplica será la restricción de transporte pesado. En el artículo 9 y 85 del "Reglamento de Tránsito" se restringe que el transporte pesado circule de lunes a viernes, de 5:30 a.m. a 9 a.m. y de 4:30 p.m. a 8:30 p.m. horas, mientras que el transporte ligero es libre de circulas las 24 horas del día.

- ✓ Transporte pesado: contiene 3.5 o más toneladas métricas de peso bruto.
- ✓ Transporte ligero: contiene menos de 3.5 toneladas métricas de peso bruto.

27.3. Ilegalidad de la madera

Como establecimos anteriormente, se debe poseer toda la documentación necesaria al momento de transportar madera. Ávila (2011) describe que en caso de no portar esta documentación se decomisará el producto forestal y se estará cometiendo:

- ✓ Falta:
  - o Transportar 5 metros cúbicos o menos de cualquier especie no protegida.
- ✓ Delito:
  - o Transportar más de 5 metros cúbicos de cualquier especie no protegida.
  - o Transportar cualquier volumen de alguna especie protegida.

La "Ley Forestal" (1996) exhibe que en los siguientes casos existe un incumplimiento del "Reglamento de Transporte de Productos Forestales" y por lo tanto la procedencia de los productos forestales será ilícita.

- ✓ Quien no presente la nota de envío original.
- ✓ Quien altere las notas de envío.
- ✓ Quien no firme y selle las notas de envío al recibir los productos forestales.

28. TRANSPORTE DE PRODUCTOS INTERMEDIOS

El transporte de productos intermedios, se refiere a la movilización de madera desde el lugar del aprovechamiento a destinos distintos al aserradero, con esto nos referimos a la leña, consumos familiares y a la madera aserrada por aserraderos móviles, entre otros.

Figura 232: Transporte de leña

Fuente: http://transportesfranciscolopez.com

El Instituto Nacional de Bosques (INAB) regula los documentos de transporte y verifica la procedencia de los productos forestales dentro del territorio nacional, con excepción de los productos forestales que provienen de áreas protegidas, que son regulados por la Comisión Nacional de Áreas Protegidas (CONAP).El "Reglamento de Transporte de Productos Forestales" dicta aquellas medidas necesarias para determinar la procedencia legal de los productos forestales, en el se establece la documentación que la respalda. La División de Protección de la Naturaleza (DIPRONA) de la Policía Nacional Civil tiene como objetivo proteger los recursos naturales nacionales. Entre estos recursos podemos mencionar los bosques y los productos que provienen de ellos; motivo por el cual brindan su apoyo, tanto al INAB como al CONAP, con la regulación del transporte de productos forestales. (INAB, 2011)

28.1. Documentos legales de transporte

Cualquier persona que transporte madera debe portar los documentos legales requeridos según apliquen. Los documentos de verificación de procedencia se emplean dependiendo del lugar de procedencia de la madera. Los tres tipos de documentos de verificación de procedencia son:

- ✓ Nota de Envío de Bosque.
- ✓ Guía de transporte.

Además, el transportista debe portar:

- ✓ Factura comercial.
- ✓ Tarjeta de circulación.
- ✓ Licencia de conducir.

La ausencia de cualquiera de estos significa cometer un delito o una falta dependiendo del volumen de madera, el origen y la especie. (Ávila, 2010)

Los documentos que amparen el origen de los productos forestales, varía dependiendo el caso que aplique. A continuación especificamos los tres más comunes, que son aquellos productos que no tienen como destino final un aserradero.

28.1.1. Leña o derivados de podas y raleos

28.1.1.1. Nota de Envío de Bosque exenta de licencia forestal. La nota de envío de bosque ampara los productos forestales provenientes del lugar del aprovechamiento forestal y únicamente aplica para aquellos que se encuentren fuera de áreas protegidas. Se emiten en triplicado, la original ampara el producto forestal durante el traslado, el duplicado y triplicado son de carácter administrativo y no deben acompañar al original.

Las Notas de Envío de Bosque serán emitidas por el INAB y la información general contiene es la siguiente:

- ✓ Clase de nota de envío.
- ✓ Número correlativo de la nota de envío.
- ✓ Fecha de salida del lugar de aprovechamiento.
- ✓ Nombre y número de identificación tributaria de la persona o empresa responsable.
- ✓ Lugar de procedencia de los productos forestales autorizados por el INAB.
- ✓ Nombre y volumen en metros cúbicos por especie y tipo de producto forestal, amparadas por la nota de envío; el volumen total a transportar deberá estar indicado en letras y números.
- ✓ Número de placas de circulación del vehículo que transporta los productos forestales.
- ✓ Nombre y firma del conductor, clase y número de licencia de conducir.
- ✓ Instructivo de uso, sanciones y observaciones.
- ✓ Número de inscripción en el Registro Nacional Forestal.
- ✓ Espacios para la fecha de recepción, firma y sello del destinatario de los productos forestales.
- ✓ Firma del titular del aprovechamiento forestal o de la persona a quien este delegue.

28.1.1.2. Guía de transporte. La guía de transporte ampara los productos forestales provenientes del lugar de aprovechamiento forestal y aplica únicamente a aquellos que se encuentren dentro de áreas protegidas. Son emitidas por el CONAP y cumple con:

- ✓ Extenderse en papel de seguridad, impreso en series de diez mil unidades, identificando cada serie con una letra del abecedario.
- ✓ Indica el tiempo de vigencia cuyo plazo no podrá ser menor de tres ni mayor a diez días.
- ✓ Contiene la descripción clara de la documentación legal de origen.
- ✓ Las cantidades y volúmenes autorizados se especificaran en letras y números.
- ✓ Indica el nombre científico así como nombre común de los especímenes, partes o derivados.
- ✓ Indica la procedencia y destino.

Tanto la guía de transporte original como las copias deben ser firmadas por el secretario ejecutivo del CONAP o la persona que lo sustituya. (CONAP, 2011)

28.1.2. Consumos familiares. Según INAB (2011) consumos familiares se refiere al aprovechamiento que se utiliza para el consumo familiar o individual de una persona y

es prohibido comercializarla. El volumen máximo que se puede aprovechar anualmente es de 15 metros cúbicos. Para solicitar un permiso de consumos familiares el interesado debe:

- ✓ Identificar que el aprovechamiento es de consumo familiar, exento de licencia, e informar al INAB el sitio exacto del aprovechamiento, el uso de la madera y las especies objeto del aprovechamiento.
- ✓ El interesado deberá presentar su documento de identificación (original).

28.1.2.1. Credencial de consumos familiares. Luego de realizar el trámite anteriormente descrito, el INAB extenderá una credencial válida para un año calendario al interesado sin costo alguno, donde se indica el periodo del año en que se llevará a cabo el aprovechamiento. Además, INAB debe informar a la municipalidad de la jurisdicción correspondiente y a la autoridad del orden público respectiva.

Es importante notar que el interesado asume el compromiso de realizar el aprovechamiento protegiendo las fuentes de agua y las especies protegidas en su caso, siempre dentro de las limitaciones que le señale el INAB. Una de las limitaciones dictadas es que está prohibido transportar la madera fuera de la jurisdicción municipal.

28.1.2.2. Nota de Envío de Bosque exenta de licencia forestal. Cuando se justifique la necesidad de transportar los productos obtenidos del consumo familiar se otorgarán las notas de envío de bosque exentas de licencia forestal que sean necesarias, sin embargo, es prohibido transportar el producto forestal fuera de la jurisdicción municipal.

28.1.3. Madera aserrada por aserradero móvil. Un aserradero móvil debe operar de la misma manera que opera uno estacionario, en cuanto a los documentos que lleva. En este caso la persona individual o jurídica debe emitir ambos documentos:

- ✓ Nota de Envío de Bosque o guía de transporte.
- ✓ Nota de envío de empresa.

El “Reglamento de Transporte de Productos Forestales” en el Artículo 13 define que toda empresa debe llevar el control de ingreso y egreso de productos forestales, los cuales deberán

mostrarse a las autoridades al momento de serles requeridos. La persona individual o jurídica que utilice el aserradero móvil debe estar debidamente inscrita en el Registro Nacional Forestal (RNF) y debe presentar sus informes periódicamente.

28.1.3.1. Nota de Envío de Bosque. Único documento para el transporte y la verificación de procedencia de los productos forestales para los productos forestales que provienen del lugar de un aprovechamiento forestal fuera de áreas protegidas. Las Notas de Envío se emiten en triplicado, el original es el que debe acompañar a la madera durante el transporte. Según INAB (2004) contienen la siguiente información y se clasifican en:

- ✓ Clase de nota de envío.
- ✓ Número correlativo de la nota de envío.
- ✓ Fecha de salida del lugar de aprovechamiento.
- ✓ Nombre y número de identificación tributaria de la persona o empresa responsable.
- ✓ Lugar de procedencia de los productos forestales autorizados por el INAB.
- ✓ Nombre y volumen en metros cúbicos por especie y tipo de producto forestal, amparadas por la nota de envío; el volumen total a transportar deberá estar indicado en letras y números.
- ✓ Número de placas de circulación del vehículo que transporta los productos forestales.
- ✓ Nombre y firma del conductor, clase y número de licencia de conducir.
- ✓ Instructivo de uso, sanciones y observaciones.

28.1.3.2. Notas de Envío de Bosque para licencia o concesión forestal

- ✓ Código de autorización del aprovechamiento forestal.
- ✓ Volumen total expresado en metros cúbicos, autorizados a extraer en el año de operación.
- ✓ Saldo del volumen en el año de operación.
- ✓ Lugar de destino de los productos forestales autorizados por el INAB.
- ✓ Firma del titular del aprovechamiento forestal.
- ✓ Espacios para la fecha de recepción, firma y sello del destinatario de los productos forestales.

28.1.3.3. Nota de Envío de Bosque para exentos de licencia forestal

- ✓ Número de inscripción en el Registro Nacional Forestal.
- ✓ Espacios para la fecha de recepción, firma y sello del destinatario de los productos forestales.
- ✓ Firma del titular del aprovechamiento forestal o de la persona a quien este delegue.

28.1.3.4. Guía de Transporte. Según CONAP (2011) la guía de transporte ampara los productos forestales que provienen del aprovechamiento forestal dentro de áreas protegidas. Las emite el CONAP y cumplen con:

- ✓ Extenderse en papel de seguridad, impreso en series de diez mil unidades, identificando cada serie con una letra del abecedario.
- ✓ Indica el tiempo de vigencia cuyo plazo no podrá ser menor de tres ni mayor a diez días.
- ✓ Contiene la descripción clara de la documentación legal de origen.
- ✓ Las cantidades y volúmenes autorizados se especificaran en letras y números.
- ✓ Indica el nombre científico así como nombre común de los especímenes, partes o derivados.
- ✓ Indica la procedencia y destino.
- ✓ La guía de transporte original y las copias deben ser firmadas por el secretario ejecutivo del CONAP o la persona que lo sustituya.

28.1.3.5. Nota de Envío de empresa. La nota de envío de empresa ampara los productos forestales que provienen del lugar de transformación y/o comercialización de productos forestales, en este caso son transformados en el bosque mediante un aserradero portátil. Son emitidas por la empresa que transforma la madera y se emiten en triplicado, la original respalda el traslado del producto forestal, el duplicado y triplicado son de naturaleza administrativa. La nota de envío de empresa tendrá la siguiente información según INAB (2004):

- ✓ Razón social, número de identificación tributaria, domicilio fiscal y número de teléfono(s) de la empresa.
- ✓ Dirección del lugar de transformación o comercialización de los productos forestales.
- ✓ Número correlativo del documento.
- ✓ Número de inscripción ante el Registro Nacional Forestal.

- ✓ Fecha de salida de los productos forestales de la empresa.
- ✓ Cantidad y descripción de los productos forestales a transportar.
- ✓ Número de placas de circulación del vehículo que transporta los productos forestales.
- ✓ Nombre y firma del conductor.
- ✓ Lugar de destino de los productos forestales.
- ✓ Firma y sello del responsable de la entidad que lo envía.

28.1.3.6. Documentos que aplican en todo caso. Los documentos descritos a continuación aplican en todos los casos en los que se transporta madera según Ávila (2010).

28.1.4. Facturas. El transportista está obligado a llevar consigo las facturas correlativas de la empresa que envía el producto que amparan la carga que esta transportando.

28.1.5. Licencia de conducir. No debe estar alterada o modificada. La licencia de conducir debe ser propia del conductor, debe estar vigente y debe ser para el tipo de medio de transporte que está utilizando.

Figura 233: Licencia de conducir

Fuente: www.mycom.com.gt

28.1.6. Tarjeta de circulación. Portar la tarjeta de circulación propia del vehículo en el que se esté transportando el producto forestal y tener la constancia de pago a impuesto de circulación de vehículos al día.

Figura 234: Tarjeta de circulación

Fuente: www.sat.gob.gt

25.2. Horarios de transporte y tamaño de camiones autorizados

La restricción de horario de transporte que aplica será la prohibición de transporte pesado según el Artículo 9 y 85 del "Reglamento de Tránsito". Esta especifica que de lunes a viernes, de 5:30 a.m. a 9 a.m. y de 4:30 p.m. a 8:30 p.m. horas no puede circular transporte pesado, mientras que el transporte ligero es libre de circulas las 24 horas del día.

- ✓ Transporte pesado: contiene 3.5 o más toneladas métricas de peso bruto.
- ✓ Transporte ligero: contiene menos de 3.5 toneladas métricas de peso bruto.

25.3. Ilegalidad de la madera

En todo momento se debe llevar toda la documentación necesaria para poder transportar madera. Ávila (2011) refiere que en caso de no llevar esta documentación se confiscará el producto forestal y se estará cometerá:

- ✓ Falta:
  - o Transportar 5 metros cúbicos o menos de cualquier especie no protegida.
- ✓ Delito:
  - o Transportar más de 5 metros cúbicos de cualquier especie no protegida.
  - o Transportar cualquier volumen de alguna especie protegida.

Cualquier persona que comercialice o procese productos forestales provenientes del consumo familiar, incurrirá en:

- ✓ Falta:
  - Comercializar 5 metros cúbicos o menos de cualquier especie no protegida, recibirá multa por el 25% del valor extraído.
- ✓ Delito:
  - Comercializar más de 5 metros cúbicos de cualquier especie no protegida o cualquier volumen de alguna especie protegida, prisión de 1 a 5 años y multa por 50% del valor extraído.

29. ASERRÍO

29.1. Diseño de proceso eficiente para aprovechamiento de la troza

29.1.1. Definición.

El aserrío consiste en un proceso industrial que se lleva a cabo en un aserradero con el fin de obtener trozas, cuartones, tablones, tablas y residuos. Las herramientas principales utilizadas en este proceso son sierras de diferentes tipos. Un aserradero por lo tanto, es un lugar en el cual se procesa la madera en trozas, para obtener como producto final madera aserrada. (Intecap, 2005)

Existen dos tipos de aserraderos que pueden ser instalaciones fijas o instalaciones móviles. Las instalaciones fijas son las que tienen una ubicación permanente y por ende toda la máquinaria y equipo que se encuentran en ellos tienen el mismo objetivo. Sus ciclos de producción son completos, sus productos finales son tablas en bruto o tablas canteadas, retestadas, calibradas, secadas y clasificadas.

Figura 235: Aserradero fijo

Fuente: Álvarez, 2007.

Las instalaciones móviles por el contrario pueden desplazarse hasta las mismas fuentes de abastecimiento de la materia prima. Sus productos elaborados son tablones, tablas, viguetas y vigas en bruto, por lo que se hace necesaria la participación de la industria reaserradora. Una de las ventajas de los aserraderos móviles es que los residuos y desperdicios se pueden dejar en el lugar de elaboración, por lo que se transporta es el producto elaborado o semielaborado y no el desperdicio, ahorrando costos de transporte.

Figura 236: Aserradero móvil

Fuente: Okay, 2001.

29.1.2. Etapas del proceso de aserrío.Según el Intecap (2005) y muchos aserraderos guatemaltecos, el proceso de aserrío se lleva a cabo mediante cinco fases que se describen a continuación

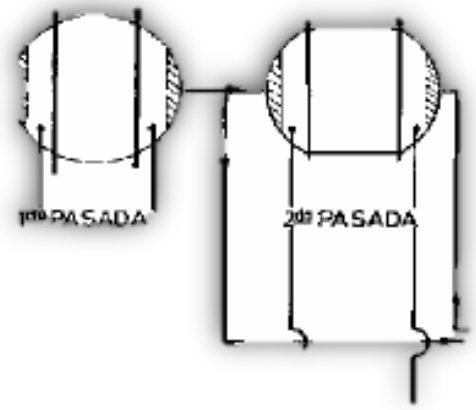
29.1.2.1. Selección de trozas.Cuando el árbol está talado se lleva a cabo la selección de las trozas, en esta etapa se diferencia el tipo de troza que está a disposición para ser aserrada. Cuando se cortan las trozas, se puede medir el diámetro mayor y menor de las mismas, para ser utilizadas al máximo. También se puede identificar a qué tipo de árbol pertenecen.

29.1.2.2. Primera pasada.Esta etapa consiste en el descortezado o corte tangencial de la troza, se forman dos caras parejas en la troza, para que tenga una estabilidad en la mesa de la máquinaria que convierte la troza en tabla de madera. El descortezado consiste en

extraer la corteza del tronco con la finalidad de evitar el desafilado acelerado de los dientes de las sierras. En este primer proceso del aserrillo se puede utilizar una sierra circular para eliminar la corteza de los troncos de madera, ya que lo que se desea obtener en este paso es un tronco cuadricular y no circular como está en su inicio. El desperdicio en este proceso se puede triturar para convertirlo en chip o en aserrín y posteriormente venderlo o formar material de contrachapado. (Figura26.6: A)

29.1.2.3. Segunda pasada.En esta etapa se elimina la otra parte de la corteza de la troza y luego se convierte en tabla. En esta etapa también se define el grosor del cuartón si es que se está fabricando este producto. Posteriormente a estas dos pasadas se debe despuntar las tablas o hacerles algún retoque especial. En este proceso se obtiene un tronco en forma de cubo, que se pueda utilizar casi todo para la siguiente etapa del proceso. (Figura26.6: B)

Figura 237: Proceso de descortezado de la madera



Fuente: INTECAP, 2005

29.1.2.4. Reaserradero.Después de las primeras pasadas en el proceso de aserrío se pueden realizar diferentes tipos de cortes que están incluidos en la tapa de reaserrado. Los procesos que se realizan en el proceso de reaserrado son tres principales. (INTECAP, 2005)

29.1.2.4.1. Desdoblado.Es el proceso mediante el cual se realiza el troceado transversal del tronco y se corta en dos o más partes desde la base del árbol hasta las ramas.

29.1.2.4.2. Retestado.Es el proceso que consiste en realizar cortes transversales en los extremos de las trozas, es decir despuntarlas o cortarlas a una medida utilizando máquinas retestadoras de una o dos sierras. En este proceso de debe tomar en cuenta el diámetro de las trozas ya que es una do los factores más importantes en el aserrío debido a que el rendimiento de las trozas es mejor cuando el diámetro es mayor, y las ganancias aumentan.

29.1.2.4.3. Canteado.Es el proceso que consiste en cuadrar la troza para poder obtener piezas de grosor pequeño y uniforme, en este proceso se debe tomar en cuenta la longitud y conicidad de las trozas. Se sabe que la longitud y conicidad de las trozas afectan el rendimiento de las trozas en el proceso de aserrío. Al optimizar el troceado se produce madera aserrada con dimensiones requeridas y se incrementa el rendimiento volumétrico.

29.1.2.5. Cepillado de la madera.Al finalizar el proceso de cortes, se deben cepillar las tablas de madera para poder limpiar ambas caras de la tabla que fue cortada por la máquinaria. El acabado de corte en un aserradero, es muy áspero, debido a lo robusto de las herramientas. El cepillado rústico se puede llevar a cabo con máquina o manualmente. Este proceso se hace cuando se desean entregar tablas muy perfeccionadas o en la etapa posterior al aserradero en donde se le da un valor agregado a las tablas mediante la fabricación de muebles o productos que se venderán al mercado y no pueden tener ningún tipo de defecto. Los pasos necesarios para el cepillado de la madera son:

29.1.2.5.1. Seleccionar las tablas de madera a cepillar.Se debe realizar una clasificación según el grosor, ancho y largo para poder ajustar la altura de la mesa, dividir la tabla en dos partes antes de introducirla a la máquina y para determinar el uso de extensiones de la mesa de salida de la cepilladora.

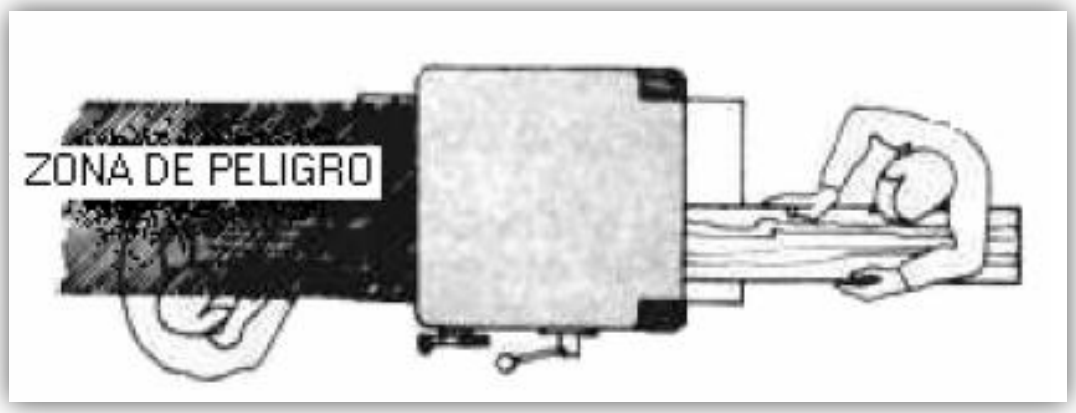
29.1.2.5.2. Identificar lados y dirección de fibra.Se debe identificar el lado de las tablas para obtener un cepillado más fino, el lado izquierdo se coloca hacia arriba de la cepilladora. La dirección de la fibra de madera es determinante para introducir la tabla en la máquina.

Figura 238: Lados de las tablas de madera

Fuente: INTECAP, 2005.

29.1.2.5.3. Cepillar.Se cepillan ambas caras de la tabla de la madera, al introducir la tabla en la cepilladora, se debe apoyar sobre la mesa de la máquina para brindarle seguridad y se debe empujar hacia adelante para que se cepille toda la tabla de una forma pareja.

Figura 239: Cepillado de la madera



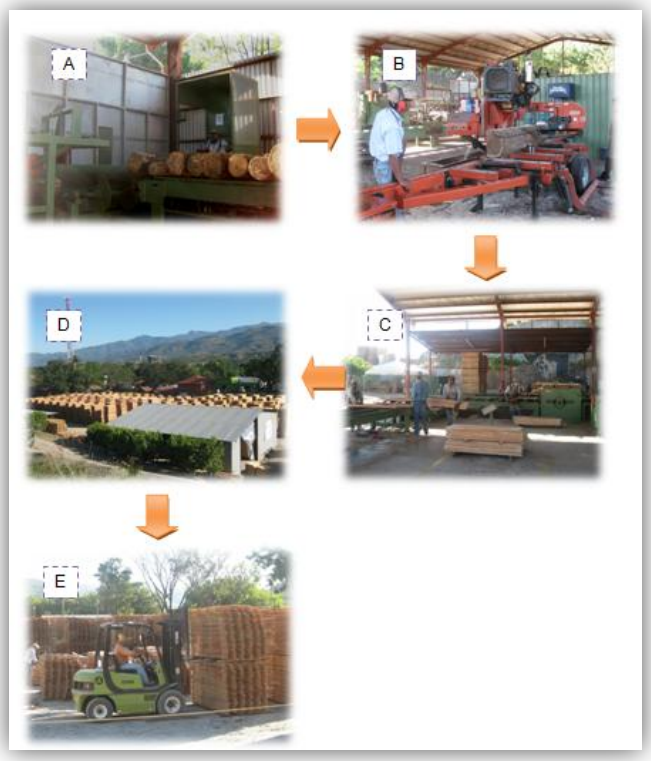
Fuente: INTECAP, 2005.

29.1.2.6. Tratamiento de la madera.Al final del aserrado de las tablas, se deben revisar los extremos de las mismas, para detectar las rajaduras y colocar alambre galvanizado, en aquellas que estén agrietadas. El tratamiento de la madera aserrada, se relaciona con el curado de tablas, tema que se tratará más adelante en éste capítulo. (Figura240: C)

29.1.2.7. Secado de la madera.El secado puede ser natural por medio de aire seco que es aire más sol o por medio artificial utilizando un horno o cámaras de secado. En un lugar en el cual el sol sea intenso y no llueva mucho el proceso puede durar entre 5 y 7 días, pero durante el invierno, las lluvias son una amenaza para el secado ya que no se puede llevar a cabo. (Figura 240: D)

29.1.2.8. Clasificación y apilado de la madera aserrada.Después de que la madera ha sido aserrada, impregnada y secada, se debe apilar inmediatamente para que el aire pueda fluir a través de su superficie, con lo que se obtiene el fraguado de las piezas aserradas. Esto ayuda a evitar la propagación de la mancha azul o los mohos en las tablas. (Figura 240: E)

Figura 240: Proceso de aserrío



Fuente: Elaboración propia, 2011.

29.2. Clasificación de la madera

La troza es la materia prima de los aserraderos y su clasificación depende de los tipos de árboles que existan en el país que se esté trabajando. Cada uno de ellos puede ser tronco largo o

corto, grueso o delgado, con nudos o sin nudos, y diversos colores. Según INTECAP (2005), se tiene la clasificación de tipos de madera. Entre ellas se pueden mencionar las siguientes:

Figura 241: Selección de trozas

Fuente: Elaboración propia, 2010.

29.2.1. Maderas sólidas.La madera sólida es un material muy complejo que está reforzado con fibras. Existe madera dura y blanda, la estructura de ambas es muy similar. Según su aplicación se pueden dividir en diferentes tipos de madera:

- ✓ Para construcción
- ✓ Para carpintería de armar
- ✓ Para carpintería de vehículos
- ✓ Para aplicaciones navales
- ✓ Para aeronáutica
- ✓ Para taller
- ✓ Para ebanistería
- ✓ Para decoración
- ✓ Para talla
- ✓ Para torneado
- ✓ Para artesanías

29.2.1.1. Maderas duras.También conocidas como las maderas de poro cerrado, entre ellas se encuentra el cerezo, granadillo, nogal, chichipate, jocote de fraile y rossul. Estos árboles de madera dura, comúnmente crecen en zonas muy secas en las cuales las células de almacenamiento no guardan mucha agua y por ende, la pared celular de crecimiento se hace más compacta. El uso más común de este tipo de madera, es en piezas o muebles que están expuestos a la intemperie, tales como vigas y partes de gradas de madera, entre otros.

29.2.1.2. Maderas blandas.También conocidas como las maderas de poro abierto, entre ellas se encuentra el pino, cedro, caoba, ciprés y palo blanco. Los árboles de madera blanda crecen en zonas húmedas en las cuales las células de almacenamiento siempre están llenas de agua y la pared celular de crecimiento se separa mientras el árbol crece. Esta madera se utiliza en la elaboración de muebles para interiores, debido a la facilidad que presentan para efectuar trabajo sobre ellas.

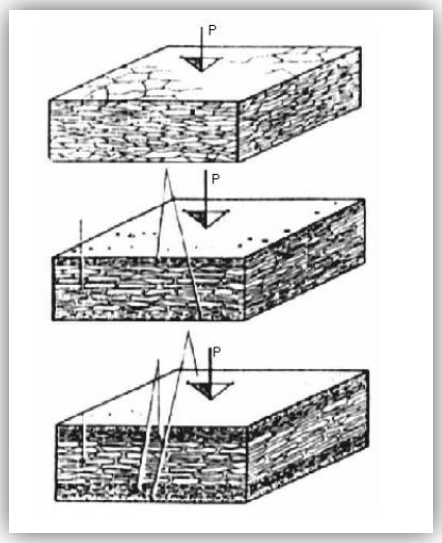
29.2.2. Material estratificado.El material estratificado son todos los tableros que están elaborados con astillas de madera o capas, las cuales son impregnadas con cola y prensadas. Este tipo de material se utiliza exclusivamente en la elaboración de muebles para interiores debido a su poca resistencia contra el agua. El material estratificado se divide en madera contrachapeada y placas de viruta. Este producto es resultado del aprovechamiento de los desperdicios que también se pueden utilizar como material para las calderas, aserrín o como leña.

29.2.2.1. Madera contrachapeada.Son las placas, partes o piezas con diferentes formas, que tengan como mínimo 3 chapas pegadas, unas sobre otras, por medio de cola y colocadas con sus fibras en forma cruzada. Las placas chapeadas siempre tienen un número desigual de capas de chapa, pueden ser 3, 5, 7, 9, 11 o más capas. El contrachapeado son las capas ordenadas en ángulos rectos y la unión de las capas encoladas en forma cruzada. La madera contrachapeada tiene cualidades de madera sólida, resistencia a la alta presión, firmeza en doblado, tracción y menor contracción y dilatación. En Guatemala se utilizan gruesos de placas chapeadas de 4, 5, 6, 8, 10 y 12mm. Mediante el cambio de dirección de las capas pegadas, la madera contrachapeada presenta resistencia a los cambios en la humedad atmosférica y se eliminan los cambios de forma redonda o cóncava.

29.2.2.2. Placas de viruta.Estas placas son elaboradas con viruta de madera y cola de resina sintética, utilizando calor y presión. Entre esta clasificación se encuentran las placas prensadas y las placas prensadas por extrusión.

29.2.2.2.1. Placas prensadas.Son las placas en las que la viruta está en posición paralela a la superficie. Las placas prensadas tienen una estructura irregular en el corte transversal

Figura 242: Placas de viruta de una, tres o más capas

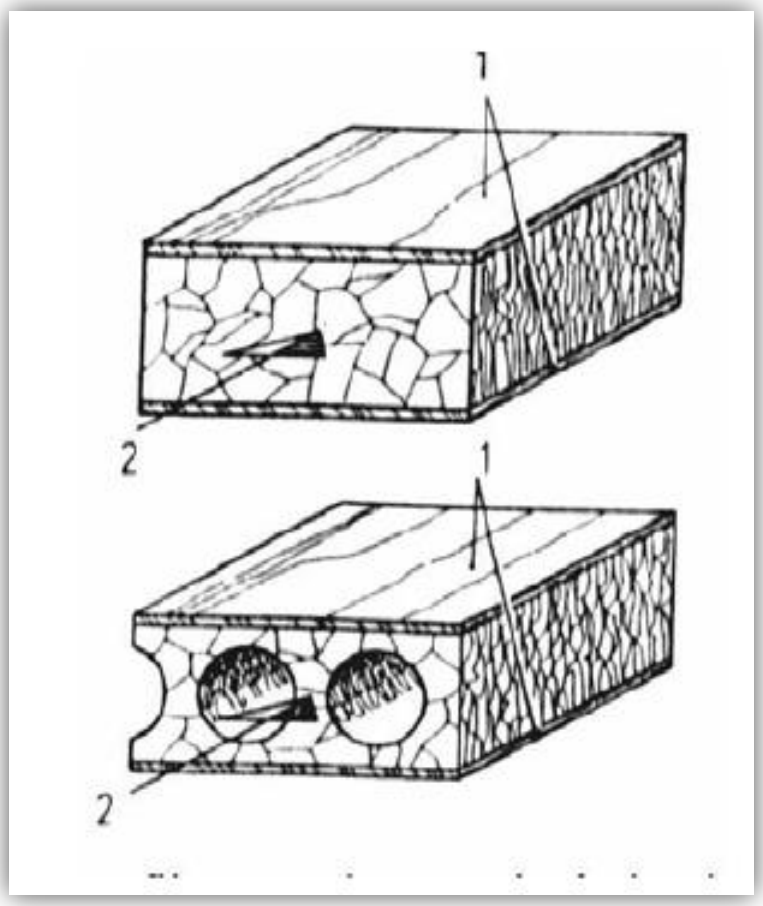


Fuente: INTECAP, 2005

Las placas de viruta prensadas pueden ser trabajadas con máquinas comunes, tales como la sierra, cepillo barreno y lijadoras. Pero las resinas utilizadas para el encolado de las placas presentan un aspecto negativo, ya que desafilan rápidamente los puntos cortantes en las herramientas comunes, por ello deben usarse herramientas de materiales duros de carburo o tungsteno.

29.2.2.2.2. Placas prensadas de extrusión.Son las placas de viruta en las cuales la dirección de la viruta es perpendicular a la superficie de la placa, dependiendo de la estructura transversal, se determina la placa prensada de extrusión plana o la placa prensada de extrusión con escotaduras en forma cilíndrica.

Figura 243: Chapas de recubrimiento (1), Dirección de prensado (2)



Fuente: INTECAP, 2005

Además de las clasificaciones anteriormente descritas se pueden hacer otras clasificaciones de las tablas de madera aserrada, esto se hace con el fin de comercializarlas a distintos mercados que le den valor agregado al producto. Se utilizan distintos criterios o parámetros de calidad para hacer la clasificación de las tablas aserradas.

29.2.3. Clasificación según el tamaño. Esta clasificación es la principal dentro del aserradero ya que la longitud de las tablas y el ancho son muy variados porque dependen de las trozas que se utilicen, ya que éstas pueden ser ramas gruesas de árboles, troncos gruesos o delgados, largos o cortos.

Tabla 93: Clasificación según el tamaño

CLASIFICACIÓN	DIMENSIÓN
Madera corta	4 a 8 ft. de largo
Madera larga	8 a 14 ft. o más
Madera angosta	4 a 12 in. de ancho
Madera ancha	12 a 20 in. o más

Fuente: Elaboración propia, 2011.

29.2.4. Clasificación según el espesor.Existen las trozas, cuartones, tablones y tablas que varían según el espesor, y son productos obtenidos después de que la troza ha sido aserrada. Este criterio se utiliza para el apilamiento de la madera en el momento del secado, para poder mantener la uniformidad y hacer las mediciones de humedad de una forma más exacta.

29.2.4.1. Trozas.Son piezas de madera que resultan de los troncos y ramas gruesas de los árboles y varían de tamaño según sean cortadas de la base o de la parte superior del árbol. Las trozas de las ramas son más delgadas y se utilizan para piezas cortas de madera.

29.2.4.2. Cuartones.Son piezas de madera que generalmente miden de 6 a 8 pulgadas de espesor y se utilizan para pilares de casas, patas torneadas de mesa y otros usos similares. Los cuartones sufren deformaciones y rajaduras, porque muchas veces son aserrados de árboles de diámetro pequeño.

29.2.4.3. Tablones.Son piezas limpias de madera, cuyas medidas oscilan entre 2 y 3 pulgadas de espesor y son de diferente longitud. Los tablones se utilizan para muebles robustos y para trabajos que requieren resistencia. También se pueden convertir en reglas o vigas para casas después de otro proceso de reaserrado.

29.2.4.4. Tablas.Son piezas que comúnmente se obtienen de una troza, debido a que son más comerciales. Las dimensiones de las tablas varían entre 1 y 1 ½ pulgadas, con diferentes longitudes. Por se delgadas sufren mayores deformaciones que los otros productos.

29.2.4.5. Residuos.Los residuos son los sobrantes de madera que se obtienen del aserrado de las trozas, entre ellos están las virutas, puntas sobrantes de trozas, lepas y leña. Estos sobrantes en una industria optimizada se trituran para obtener material estratificado o placas de viruta.

29.2.5. Clasificación según los defectos.Durante la clasificación de las tablas, el operario puede encontrar diferentes defectos en las mismas que hacen que su valor sea diferente. Entre ellos están:

- ✓ Nudos muertos
- ✓ Mancha azul
- ✓ Rajaduras
- ✓ Escamas

29.2.6. Clasificación según la estructura.Estas tablas se diferencian por el peso, mientras más pesada sea más compacta es la tabla y más resistente. En esta clasificación podemos encontrar tres categorías:

29.2.6.1. Madera de primera categoría.Es la madera limpia, ancha, larga y sin defectos, con números no mayores a 1" de diámetro.

29.2.6.2. Madera de segunda categoría.Es la clase de madera que presenta algunos defectos, pero que se puede utilizar en un 75%. Incluye especies como el nogal, palo blanco y ciprés.

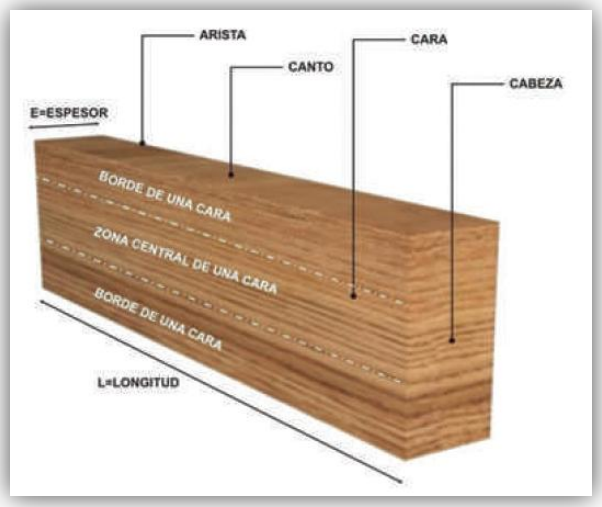
29.2.6.3. Madera de tercera categoría. Se utiliza para la fabricación de muebles de menor calidad; esta madera tiene muchos defectos como los mencionados en el inciso anterior. Entre esta categoría se encuentra el pino y aliso.

29.3. Defectos de la madera

Un defecto en la madera es cualquier tipo de irregularidad química, física o físico-química de la madera, que afecte la resistencia o durabilidad de la misma y por ende limite su uso o

aplicación. Los defectos de la madera pueden ser de dos tipos, defectos propios o defectos por elaboración, y dentro de estas clasificaciones se encuentran otras. Para definir los defectos de la madera es necesario conocer algunos términos cuando se habla de una tabla de madera.

Figura 244: Partes de una pieza de madera

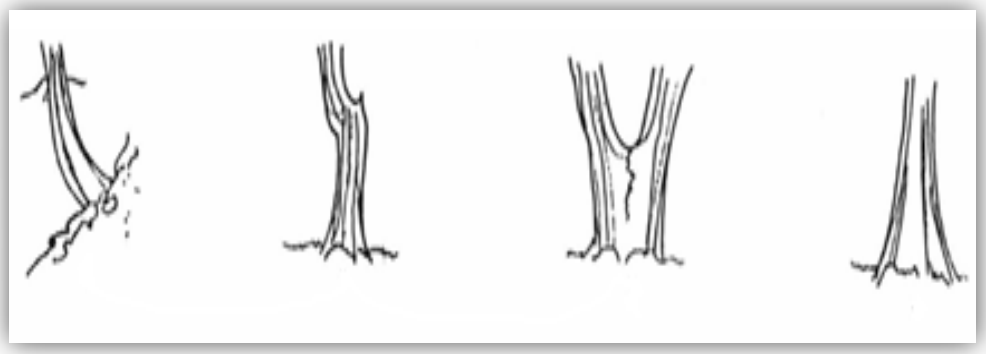


Fuente: Durán, 2004.

29.3.1. Defectos por crecimiento.Algunos defectos que posee la madera, son ocasionados por desviaciones durante el crecimiento del árbol, esto sucede en el tronco del mismo. Los defectos disminuyen el valor de uso de la madera, pero algunos de los defectos pueden tener ciertas ventajas, entre estos defectos están los tubérculos de vena que sirven para elaborar las chapas. Entre los defectos más conocidos se encuentran: (INTECAP, 2005)

29.3.1.1. Troncos defectuosos.Los troncos defectuosos se dan en su mayoría en los bosques naturales, ya que en los bosques cultivados se tiene un mayor control de los árboles y por ende, en estos bosques crecen mejores árboles. Los defectos en los troncos hacen difícil el uso económico de los mismos. La reducción del diámetro de un tronco de 1 m. de largo debe ser menor o igual a 1 cm. Entre estos defectos están los troncos curvos, que sucede cuando el tronco se desvía de su forma recta vertical. El tronco horquilla es cuando el tronco se divide cerca del suelo en forma de horquilla, si la horquilla se forma unos metros más arriba, se le llama efecto de bifurcación y es debido a la herencia o influencias externas. Si la bifurcación se forma entre 8 y 10m. el tronco pierde su valor ya que en esa parte tendrá dos médulas.

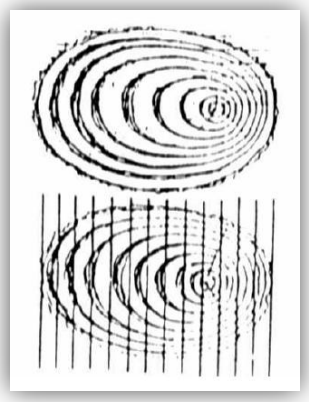
Figura 245: Tipos de troncos defectuosos



Fuente: INTECAP, 2005

29.3.1.2. Crecimiento excéntrico.Es un defecto en el que la médula no se encuentra en el centro del tronco. En un lado los anillos anuales están juntos y en el otro, están separados. Los anillos que crecen a orillas de un bosque pegado a un muro, reciben aire y luz únicamente por un lado, y esto causa un crecimiento excéntrico en el árbol.

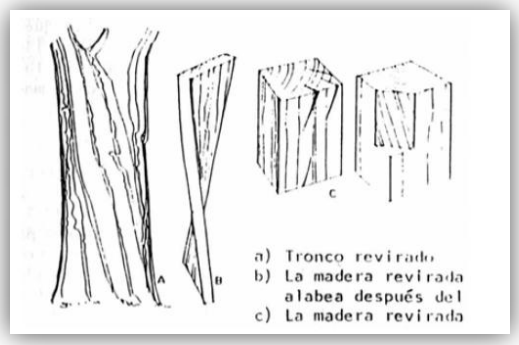
Figura 246: Crecimiento excéntrico



Fuente: INTECAP, 2005

29.3.1.3. Crecimiento revirado.El revirado puede ser hacia la izquierda o la derecha, las fibras corren en su longitud como líneas de tornillos. Son causas de un crecimiento revirado, las influencias del lugar y del viento. Cuando se tiene un tronco revirado, después del secado se da el defecto conocido como alabeo, que se estudiará más adelante.

Figura 247: Crecimiento revirado de un tronco



Fuente: INTECAP, 2005.

29.3.1.4. Tubérculos.Se originan por el crecimiento de brotes laterales, los cuales se detienen mutuamente en su desarrollo. La madera tuberculosa es difícil de trabajar, pero a causa de su fibra especula y sus decorativos dibujos, es una madera buscada para la elaboración de chapa y trabajos torneados.

Figura 248: Tronco tuberculoso

Fuente: INTECAP, 2005.

29.3.1.5. Nudosidad.Los nudos se originan muy cerca de la médula y son los causantes del crecimiento de las ramas. Las fibras del tronco crecen casi paralelas, pero donde nacen las ramas se producen notables desviaciones de las fibras, siendo estas más duras de lo normal, más difíciles de aserrar, cepillar y de menor resistencia. Existen ocasiones en las que los nudos no se manifiestan en el exterior de los troncos. Tienen su origen en pequeñas ramas que se

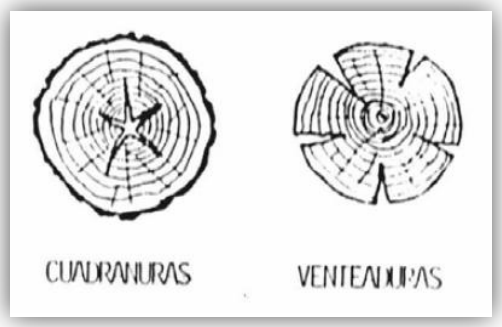
secaron o cortaron y después fueron cubriéndose con tejidos nuevos, estos se llaman nudos vivos y permanecen fuertemente adheridos a la madera que los circunda. Se le llama nudo muerto aquel formado por tejidos muertos.

Figura 249: Nudosidad en un tronco

Fuente: INTECAP, 2005.

29.3.1.6. Rajaduras medulares y de contracción. Es el resultado de una desecación demasiado fuerte y rápida del árbol talado, pero todavía revestido en su corteza o de una desecación demasiado rápida desde el exterior de un tronco descortezado, a causa del sol y del viento.

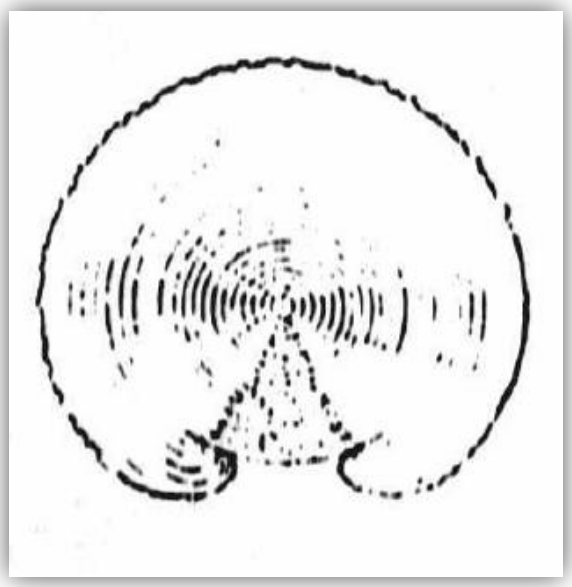
Figura 250: Cuadranuras y venteaduras en el extremo de una troza



Fuente: INTECAP, 2005.

29.3.1.7. Excrecencia.Es la capacidad de un árbol de cerrar una herida, sobre todo en la zona del cambium. Por lo general un árbol no está en capacidad de cicatrizar bien una herida, los hongos pueden penetrar el tronco por la herida e inutilizar la madera.

Figura 251: Tronco con excresencia

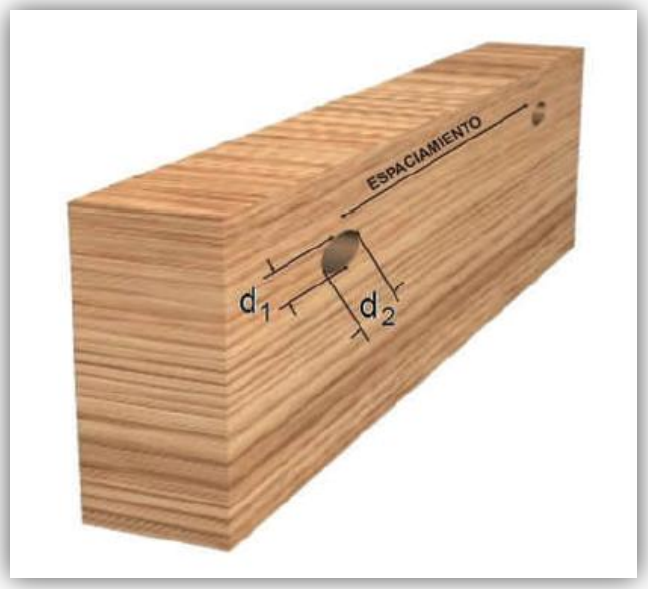


Fuente: IINTECAP, 2005.

29.3.2. Defectos propios.Los defectos propios son aquellos que se originan en la troza durante su crecimiento o en alguna etapa de la vida del árbol. Estos se pueden dar por una siembra inadecuada, o malas prácticas de podas y raleos. Entre los defectos propios que más afectan las propiedades de resistencia y durabilidad son:

29.3.2.1. Nudos sueltos.Es la abertura relativamente circular de una sección, que se origina por el desprendimiento de un nudo. Para calcular el diámetro medio del nudo suelto, se debe medir el diámetro menor y el mayor y se obtiene un promedio. Los agujeros y nudos sueltos pueden estar ubicados en la arista, en el borde de la cara, en el canto o en la zona central de la cara. La posición de los nudos sueltos determina la alteración que puede causar en las propiedades resistentes, por ejemplo un agujero dentro de un canto o cerca de él, afecta de una gran manera la resistencia de tracción o compresión de una pieza solicitada por flexión. Por el contrario, un agujero en el centro de la cara, altera más su resistencia de cizalle, cuando se aplica un esfuerzo de flexión.

Figura 252: Medición de nudo suelto en el borde de la cara



Fuente: Durán, 2004.

Figura 253: Medición del nudo suelto en la arista

Fuente: Durán, 2004.

Los nudos muertos los ocasionan los tejidos muertos, que se desprenden con facilidad de las tablas, y dejan el orificio donde fueron originados. Entre los defectos por nudos se pueden encontrar los nudos vivos, que son más aceptables que los muertos.

Figura 254: Nudos vivos en la madera

Fuente: http://www.freepik.es

29.3.2.2. Rajaduras.Es la separación de fibras en la madera que afecta dos superficies opuestas o adyacentes de una pieza. Se da cuando la tabla es obtenida a la mitad de la troza en donde la médula queda al centro y en el momento en que se expone al aire, sus poros se abren y se agrieta a la mitad.

Figura 255: Rajaduras en la tabla de madera

Fuente: Durán, 2004.

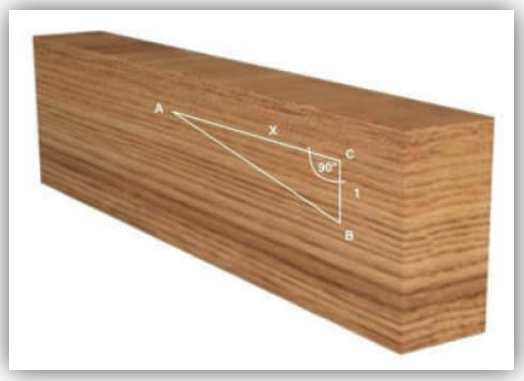
29.3.2.3. Grietas.Una grieta es la separación de elementos constitutivos de la madera, cuyo desarrollo no llega a afectar dos superficies opuestas o adyacentes de una pieza. Éstas pueden surgir también durante la elaboración de la tabla de madera.

Figura 256: Grietas en una tabla de madera

Fuente: Durán, 2004.

29.3.2.4. Fibra inclinada.Es la desviación angular que presentan los elementos longitudinales de la madera, con respecto al eje longitudinal de la pieza.

Figura 257: Medición de la desviación de la fibra



Fuente: Durán, 2004.

29.3.2.5. Perforación.Es un tipo de orificio producido por la presencia de insectos taladradores. En cualquier caso, la madera con este defecto deber ser desechada.

29.3.2.6. Pudrición.Degradación, descomposición y destrucción de madera por presencia de hongos xilófagos y ambiente húmedo. La presencia parcial de putrefacción implica una creciente reducción de la resistencia. No se debe utilizar como material de construcción. Además de los defectos mencionados anteriormente existen otros que también afectan la resistencia de las tablas de madera, pero en un grado menor. Entre ellos se encuentran:

29.3.2.7. Bolsillo de corteza. Es la presencia de masa de corteza total o parcial comprendida en la pieza. Se conoce también como “corteza incluida”.

29.3.2.8. Bolsillo de resina. Presencia de una cavidad bien delimitada que contiene resina o tanino. Se conoce también como “bolsa o lacra”. El bolsillo de corteza o resina causa los mismos defectos sobre la resistencia de la madera que el nudo suelto.

Figura 258: Bolsillo de corteza o resina

Fuente: Durán, 2004.

29.3.2.9. Acebolladuras.Es la separación de la pieza entre dos anillos consecutivos.

Figura 259: Acebolladura en una tabla de madera

Fuente: Durán, 2004.

29.3.2.10. Alabeos.Deformación que puede experimentar una pieza de madera en la dirección de sus ejes, longitudinal y transversal o ambos a la vez, pudiendo tener diferentes formas: acanaladura, arqueadura, encorvadura y torcedura. Estos son defectos típicos por secado inadecuado.

Figura 260: Alabeos en una tabla de madera

Fuente: Durán, 2004.

29.3.2.11. Colapso.Reducción de las dimensiones de la madera durante el proceso de secado, sobre el punto de saturación de las fibras, y se debe al aplastamiento de sus cavidades celulares. Este defecto no es admisible en la madera, puede afectar la resistencia y además su presencia.

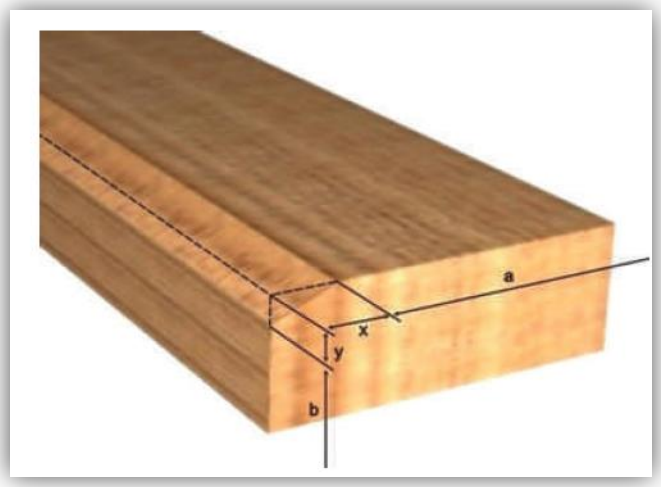
29.3.2.12. Médula.Corresponde al tejido parenquimatoso y blando de la zona central del tronco. Afecta la clasificación por aspecto de superficies que quedan a la vista.

Figura 261: Médula en una tabla de madera

Fuente: Durán, 2004.

29.3.2.13. Canto muerto.Se conoce por canto muerto o arista faltante a la falta de madera en una o más aristas de una pieza. Se mide en la arista, su largo o suma de largos en mm, mayor dimensión en el canto (x) y mayor dimensión en la cara (y).

Figura 262: Medición de la arista faltante

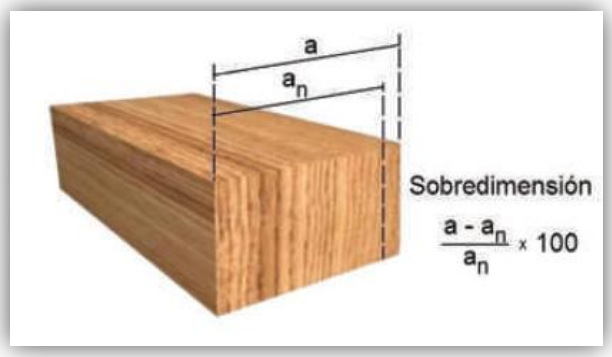


Fuente: Durán, 2004.

29.3.3. Defectos por elaboración

29.3.3.1. Escuadría irregular.Variación de la escuadría nominal de una pieza producida por la desviación del plano de corte durante el aserrío, como la sobredimensión.

Figura 263: Escuadría irregular



Fuente: Durán, 2004.

29.3.3.2. Marca de sierra.Depresión en la superficie de una pieza producida por un corte anormal

29.3.3.3. Cepillo desgarrado.Levantamiento de fibras en las superficies cepilladas causado por trabajo defectuoso. Ocurre con mayor frecuencia al procesar madera verde.

29.3.3.4. Cepillo ondulado.Depresiones sucesivas dejadas por cuchillos sobre la superficie de una pieza cepillada.

29.3.3.5. Cepillado incompleto.Áreas de la superficie de una pieza que quedan sin cepillar.

29.3.3.6. Depresión por cepillado.Concavidad producida durante el cepillado.

Figura 264: Depresión por cepillado

Fuente: Durán, 2004.

29.3.3.7. Marca de astillamiento.Depresión en las caras cepilladas, causada por desprendimiento de fibras.

29.3.3.8. Mancha de procesamiento.Cambio de color que puede ocurrir en la madera durante los procesos de aserrío, cepillado y almacenamiento.

29.3.3.9. Quemado. Carbonización de la madera durante su procesamiento, producida por fricción de la herramienta.

29.3.3.10. Escamas.Se da posteriormente al secado artificial de la madera y se produce generalmente en la madera de pino por su estructura.

29.3.3.11. Mancha azul.Se hace presente con mayor frecuencia en las maderas de color claro, las mancas se originan cuando se apila la madera sin utilizar separaciones, también se pueden dar por no mover las tablas periódicamente, o por una alta concentración de químicos en el curado o impregnación de las tablas.

29.4. Máquinaria y equipo

La selección de la máquinaria y el equipo en un aserradero tiene una relación directa con la instalación que se tenga debido a que la necesidad del equipo depende de los procesos de fabricación, sentido del flujo, facilidad de funcionamiento, mantenimiento y otros factores que deben estar unidos para maximizar la productividad de cada máquinaria y reducir al máximo la manipulación del producto. Para seleccionar el equipo se debe tener presente la cantidad de energía que se desea utilizar, y tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ La relación que tiene el equipo seleccionado con las otras máquinarias y la forma en que estas funcionarán entre sí para tener un equilibrio constante.
- ✓ Cantidad de energía por unidad de producción.
- ✓ Tamaño de aserrío apropiado para cumplir con la demanda, y una capacidad suficiente de las máquinas para satisfacer necesidades repentinas, teniendo en cuenta de que no operen por debajo de su capacidad nominal.

- ✓ Tener un sistema de evacuación de residuos para evitar su acumulación y un daño al equipo.
- ✓ Según Álvarez (2007), entre el 10 y el 20% del tiempo de funcionamiento dentro de un aserradero, está compuesto por tiempo parado, principalmente por averías mecánicas, interrupción del flujo de la materia prima, cuellos de botella, mantenimiento, etc. Todos estos inconvenientes se pueden evitar en la fase de planificación y diseño del aserradero, seleccionando adecuadamente el equipo, estableciendo las dimensiones y analizando la productividad de las máquinarias.

Existen muchas máquinas utilizadas en un aserradero, hay una cantidad muy grande de marcas, estilos, diseños, tamaños y características. A continuación se mencionan las principales máquinarias en las diferentes etapas del proceso de aserrío.

29.4.1. Máquinaria de corte

29.4.1.1. Descortezadora.Una descortezadora es una máquina que elimina la corteza de la troza mediante un mecanismo de sierras múltiples que se colocan en formas de semicírculos, tanto superiores como inferiores y laterales, de tal manera que cubra totalmente la troza. Algunas descortezadoras sujetan el tronco y lo van girando para descortezar cada uno de los lados. Se utiliza en su mayoría en los aserraderos que elaboran tableros de aglomerado o madera prensada en los que se requiere que la madera esté limpia para su posterior trituración. Estas máquinas también se utilizan en la elaboración de chapas y postes.

Figura 265: Descortezadora

Fuente: http://www.woodmizer.com

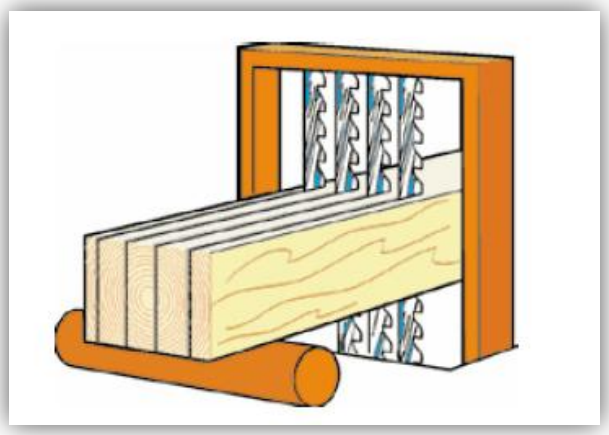
29.4.1.2. Sierra de cinta.Las sierras son máquinas estacionarias que se utilizan para aserrar las trozas y realizar la segunda transformación del proceso de aserrío. Las sierras de cinta utilizan hojas de sierra anchas que varían de 15 a 20cm. y poleas que pueden llegar a tener 1m. de diámetro. Están compuestas de un carro guía que utiliza garras de acero para sujetar la troza y transportarla hasta el punto de corte. Las dimensiones de la sierra de cinta, dependen de las características de la madera que se desea cortar, el estado de humedad de la misma y otros factores que pueden influir como el tamaño del aserradero.

Figura 266: Sierra de cinta

Fuente: http://www.solostocks.com/

29.4.1.3. Reaserradero alternativo múltiple. Un reaserradero alternativo múltiple es la máquina más eficiente que existe para la industria de aserrío en cuanto a la obtención de volumen de madera aserrada. Esta máquina usa tres o cuatro hojas de sierra, que trabajan alternativamente en forma vertical. Una vez la troza esta canteada en dos caras está se coloca en la mesa de transporte y se gradúa el grosor de la tabla que se desea obtener, para luego accionar la máquina para el aserradero de las tablas.

Figura 267: Reaserradero alternativo múltiple



Fuente: INTECAP, 2007.

Figura 268: Reaserradero múltiple de cinta horizontal

Fuente: http://www.woodmizer.com

29.4.1.4. Sierra circular.Los reaserraderos circulares utilizan discos de sierra que pueden tener diámetros entre 60 y 100cm., estas sierras están accionadas mediante un interruptor eléctrico y la potencia del motor se transmite al eje por medio de múltiples fajas anchas. Un carro guía sujeta la troza y la mueve hasta el disco de sierra.

Figura 269: Sierra circular

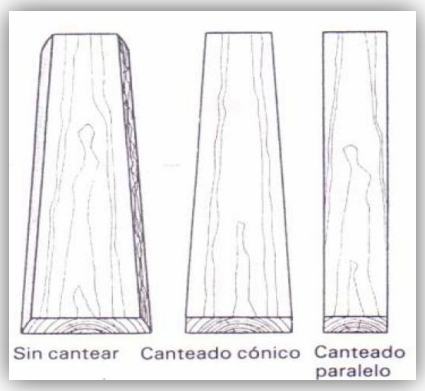
Fuente: http://www.preciolandia.com/

29.4.1.5. Canteadora.El proceso de canteado es aquel por el cual se realizan líneas paralelas de los tablones o piezas transformadas en el aserradero. La canteadora es un conjunto de cuchillas giratorias en posición horizontal.

Figura 270: Canteadora de un disco

Fuente: http://www.woodmizer.com

Figura 271: Tipos de canteado



Fuente: Cuenca, 2006.

29.4.1.6. Cepilladora.Se utiliza para aplanar una superficie de madera. Con esta operación se pretende que la superficie sea recta en su dirección transversal y longitudinal y que no tenga ningún tipo de torsión diagonalmente. Es utilizada para remover las astillas o partículas de madera que estén levantadas en las tablas de madera.

Figura 272: Cepilladora

Fuente: http://www.damatomacchine.com/

29.4.2. Partes y funcionamiento de la máquinaria de corte.

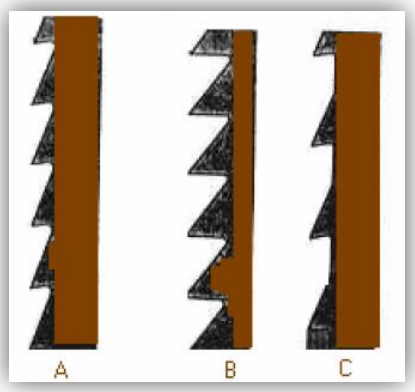
La máquinaria para aserrar contiene diferentes partes principales, entre ellas las herramientas de corte que son las que se estudian a continuación.

29.4.2.1. Hojas de sierra de cinta.

Son sierras que están elaboradas de acero, níquel y cromo que está cilindrado en frío. Los anchos de las hojas pueden variar entre 15 y 20cm. para trabajos de aserrado de trozas. Para las maderas que son suaves y con fibra larga, las sierras deben tener un dentado agudo interrumpido, la mayoría de sierras de cinta tienen un ángulo de cuña de 60°con un ángulo de ataque de 12 a 15°. Sin embargo para la madera dura, el ángulo de ataque debe ser de 0 a 8°. Al momento de colocar la sierra de cinta en la polea, se recomienda que los dientes sobresalgan de la polea, con el fin de facilitar su recorrido y el triscado de las sierras no se deteriore.

En la siguiente figura se puede observar: (a) el dentado colgante, (b) el dentado recto y (c) el dentado con espacio grande de viruta.

Figura273: Dentado de las hojas de sierra de cinta



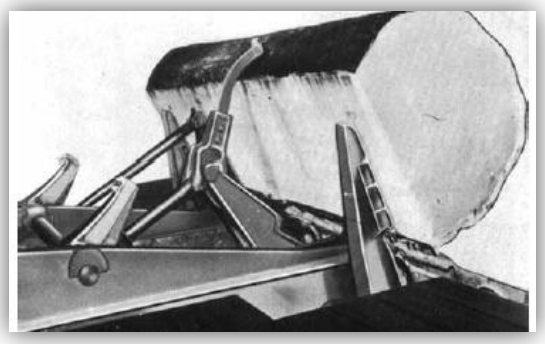
Fuente: INTECAP, 2005.

29.4.3. Equipo auxiliar

29.4.3.1. Volteador de trozas.

Permite el volteo de la troza en el carro en forma mecanizada, con el objeto de cuadrarlo y poder aserrar la troza por los lados que sean necesarios. Se utilizan para acercar la troza al carro de las sierras.

Figura 274: Volteador de trozas



Fuente: Álvarez, 2007.

29.4.3.2. Rieles transportadores.Son utilizados para trasladar las trozas, bloques o madera aserrada de un punto a otro, para colocarlos al nivel del piso. Los rieles tienen rodillos que giran en ambos sentidos. La ventaja que se obtiene al utilizar estos rieles, es que se pueden desplazar los bloques uno seguido del otro, colocando polines de madera del tamaño suficiente y con la forma adecuada para soportarlos.

Figura 275: Rieles transportadores

Fuente: INTECAP, 2005.

29.4.4. Instrumentos de medición.Los instrumentos de medición se utilizan para obtener la longitud, espesor, diámetros y otras magnitudes de las trozas, es importante saber utilizarlos para obtener una mejor precisión. En un aserradero es común observar instrumentos de medición de diámetros de trozas, de longitudes y de humedad.

29.4.4.1. Instrumentos para medición de diámetros de trozas

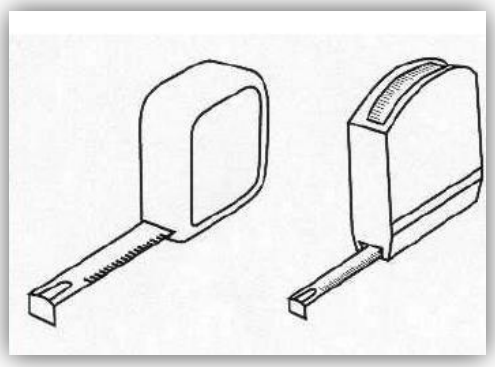
29.4.4.1.1. Forcicula de precisión.Se utiliza para medir árboles, troncos y madera. Está compuesto de brazos sueltos que se pueden ajustar y está diseñado para medir y marcar al mismo tiempo. Tiene diferentes opciones de graduación y la posibilidad de hacer escalas especiales. Estos se pueden encontrar en diversos tamaños.

Figura 276: Forcicula de precisión

Fuente: INTECAP, 2005.

29.4.4.1.2. Metro de cinta.Se utiliza para medir objetos de forma curva, posee una cinta de acero enrollada en una caja metálica que tiene graduaciones diferentes. Tiene una caja metálica que permite enrollar la cinta automáticamente para facilitar su extracción y tiene un seguro que permite mantener la cinta en una longitud determinada y un gancho que ayuda a que esté sujetado en el cinturón del operador.

Figura 277: Metro de cinta



Fuente: INTECAP, 2005.

29.4.4.1.3. Cinta métrica.Se utiliza para medir longitudes de 20 a 50m., posee una caja que permite enrollar la cinta.

Figura 278: Cinta métrica

Fuente: INTECAP, 2005.

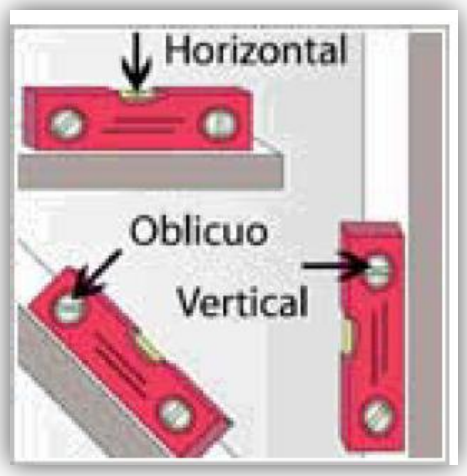
29.4.4.1.4. Nivel horizontal y vertical.Consiste en un tubo cilíndrico de cristal cerrado y compuesto con un líquido como alcohol, éter, agua o aceite con una burbuja de aire, colocado en un cuerpo de metal o de madera. Cuando la burbuja se detiene entre las dos marcas del tubo, se puede determinar la horizontalidad o verticalidad.

Figura 279: Nivelador horizontal y vertical

Fuente: INTECAP, 2005.

29.4.4.1.5. Nivel horizontal, vertical e inclinado.A continuación se muestra la forma correcta de verificar el nivel de superficies en forma horizontal, vertical y oblicua; adicionalmente se define la posición en la que se debe colocar el nivel y el cilindro de cristal que se debe observar en el momento de la verificación.

Figura 280: Posiciones de verificación en un nivelador



Fuente: INTECAP, 2005.

29.4.4.2. Instrumento para medición de humedad.Es un instrumento electrónico que contiene un control digital y dos puntas de metal que funcionan como cátodo y ánodo, por medio de los cuales se acciona una aguja indicadora. Antes de medir la humedad de la madera, se debe calibrar el contador electrónico. Se deben realizar mediciones en la testa de la tabla y en medio de ella para evitar errores de medición los cuales surgen por uso inadecuado de los instrumentos, lectura equivocada de la escala de medición, y falta de calibrado o comprobación de los instrumentos.

Figura 281: Medidor de humedad de la madera

Fuente: INTECAP, 2005.

29.4.4.3. Medios de transporte.Incluye toda la máquinaria y equipo de manipulación de trozas de un lugar a otro hacia el aserradero o dentro del mismo, así como la manipulación del producto final.

29.4.4.3.1. Plataformas.Conjunto de rodillos horizontales sobre los que pasa una cadena, un dispositivo sujetador y un cargador de trozas que está situado en el extremo de la plataforma y se encarga de pasar la troza al carro de la sierra.

29.4.4.3.2. Carro porta trozas.Se finan las trozas al carro mediante garras y soportes verticales de madera. El número y tamaño de las trozas que se colocaran para transportarlos hacia una máquina, depende del tamaño del carro.

29.4.4.3.3.Camiones.Medios de transporte utilizados para trasladar las trozas cortadas desde el bosque al aserradero, o del aserradero al mercado. Se utilizan generalmente camiones abiertos para hacer fácil la carga y descarga de la materia.

Figura 282: Camiones

Fuente: http://www.international-lifts.com/

29.4.4.3.4.Montacargas.Equipo de transporte y manipulación utilizado para mover y apilar trozas de madera o tablas aserradas.

Figura 283: Montacargas

Fuente: http://www.international-lifts.com/

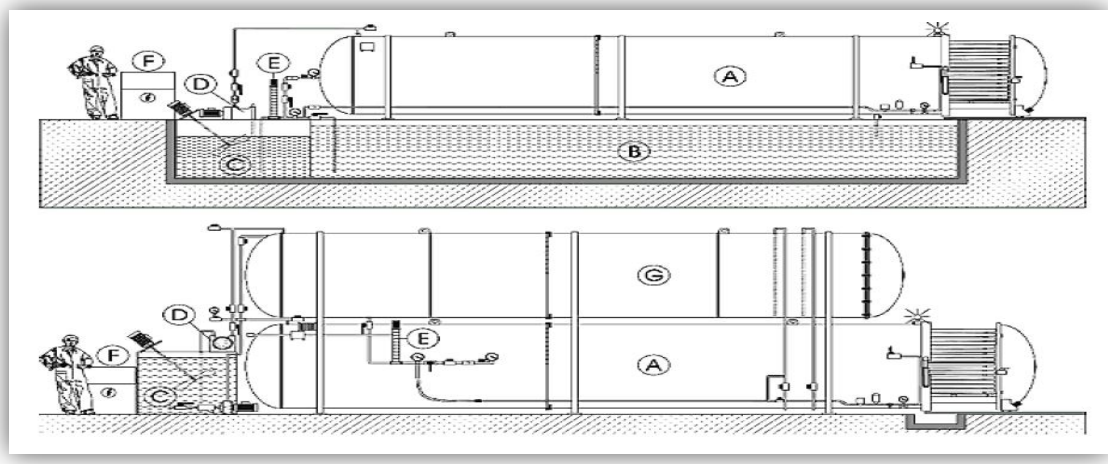
29.4.5. Máquinaria para el cepillado de las tablas de madera.Incluye aquellas máquinas con cuchillas horizontales que separan la viruta de la tabla, dejando la superficie pareja. Su función es limpiar y emparejar las tablas dejándolas a un grosor exacto y dándoles un acabo para disminuir los defectos de corte que pueden dejarles las cuchillas de las sierras. La cepilladora eléctrica estacionaria realiza un corte horizontal mediante el conjunto de cuchillas ajustables, se pueden cepillar tablas con un grosor de 10 a 24in. y largas.

29.4.6. Máquinaria para curado y secado de madera.El equipo que se utiliza en el secado y el impregnado de la madera debe ser sofisticado ya que se manejan compuestos y soluciones impregnantes que son de alto riesgo si un equipo no se encuentra en las condiciones necesarias. La máquinaria de secado debe funcionar a base de vapor y las presurizadoras para impregnación deben funcionar por medio de presión al vacío.

El equipo utilizado en el proceso de curado y secado artificial, son cámaras de secado y recipientes herméticos que funcionan por medio de vapor que fluye a través de instalaciones de tubería. Para el secado natural, se utilizan polines de separación, bases de concreto y vigas transversales de madera.

29.4.6.1. Máquinaria para el curado de la madera.El equipo que se utiliza para el curado de la madera es un recipiente cilíndrico con tapas semiesféricas llamado autoclave, el cual tiene la función de almacenar la madera que se tratará y que está colocada en el carro que le corresponde. El autoclave está situado sobre un baño que debe ser sumergido y se utiliza para almacenar el líquido impregnante.

Figura 284: Componentes de la máquinaria para curado de la madera



Fuente: INTECAP, 2005.

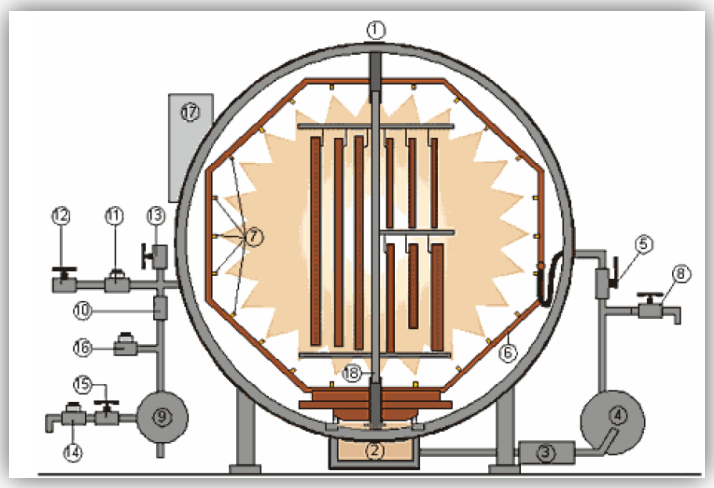
En la figura anterior se pueden observar las partes de una instalación de equipo estándar de presurización, entre las cuales se destacan: (A) El autoclave que tiene la capacidad de resistir un vacío de -700 mmHg y a una presión de 12 atm. (B) Un tanque que contiene la solución impregnante. (C) El recipiente cuyas dimensiones son reducidas para la preparación de la

solución impregnante. (D) Una bomba de vacío. (E) La bomba de alta presión. (F) un cuadro eléctrico que contiene un microprocesador, y tiene la posibilidad de conexión a un ordenador personal. (G) En las instalaciones que están fuera de tierra, que son la mayoría en Guatemala, se tiene la posibilidad de estructurar la instalación, con un autoclave colocado en la parte superior como cisterna que contenga la solución.

Por otro lado se puede observar en la siguiente figura que el equipo de curado se compone de un autoclave de gran espesor (1), el cual es apto para soportar una depresión máxima de 400 mmHg o de 700 mmHg. Los elementos que hay que tratar, se cargan de manera adecuada sobre un bastidor móvil que está provisto de un carro, que es introducido en el autoclave por medio de ruedas que están ancladas en el interior, tanto en la parte inferior como en la parte superior.

El depósito (2) se encuentra sobre el fondo del autoclave y en él, se vierten de 70 a 100 litros de solución impregnante. Por medio de una bomba (4), el producto es enviado a una serie de boquillas nebulizadoras (7), distribuidas en estrella en un carro (6), que se mueve a lo largo del autoclave con movimiento horizontal alterno.

Figura 285: Sección transversal de una presurizadora



Fuente: INTECAP, 2005.

29.4.6.2. Máquinaria para el secado de la madera. Entre el equipo que se utiliza para el secado artificial de la madera se cuenta con los hornos o cámaras de secado, ventiladores y calderas.

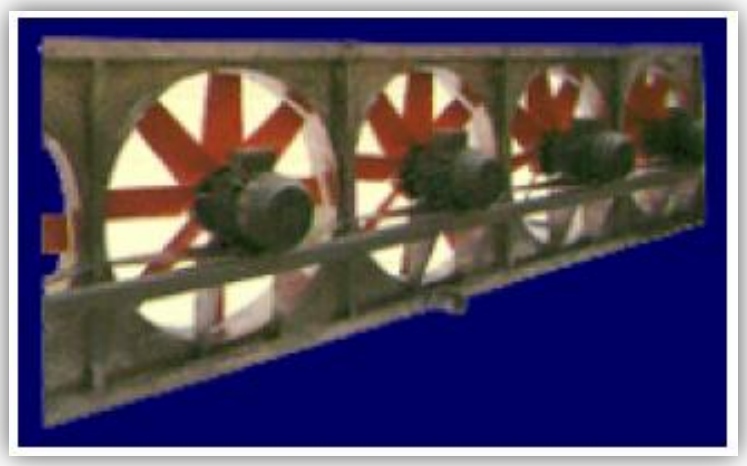
29.4.6.2.1. Cámaras de secado.Son cuartos que tienen compuertas metálicas grandes y que se deben mantener cerrados durante el proceso de secado de la madera. Tienen una instalación de tubería hidráulica en la parte superior, que cubre toda el área de secamiento, la cual se utiliza para rociar agua periódicamente, sobre las tablas de madera con lo que se evita el agrietamiento. Por las puertas ingresa el montacargas con las tarimas de madera y también entra para recoger las piezas terminadas.

Figura 286: Hornos de secado

Fuente: INTECAP, 2005.

29.4.6.2.2.Ventiladores.Son aparatos indispensables en las cámaras de secamiento y están constituidos por aspas metálicas, los cuales se deben colocar en los laterales interiores del horno y su función es generar aire para que las tarimas de madera estén ventiladas.

Figura 287: Ventiladores



Fuente: INTECAP, 2005.

29.4.6.2.3.Calderas. Las calderas tienen la función de generar vapor, el cual fluye a través de unas tuberías de acero hasta la cámara de secado. Las calderas utilizadas en la industria de la madera, en su mayoría, utilizan sobrantes de madera como combustible principal, para evitar el desperdicio.

Figura 288: Caldera parte posterior

Fuente: INTECAP, 2005.

Existen calderas tubulares que son muy modernas, estas funcionan a presiones de 340 atm y generan más de 4,000 toneladas de vapor por hora ya que la temperatura de combustión puede superar los 1,650 °C. El flujo de agua se controla por medio de la circulación simple o

forzada.Las calderas modernas pueden alcanzar un 90% de rendimiento del combustible, al utilizar los supercalentadores.

Figura 289: Caldera parte frontal

Fuente: INTECAP, 2005.

29.5. Afilado y mantenimiento de la máquinaria

29.5.1. Mantenimiento de la máquinaria de corte.

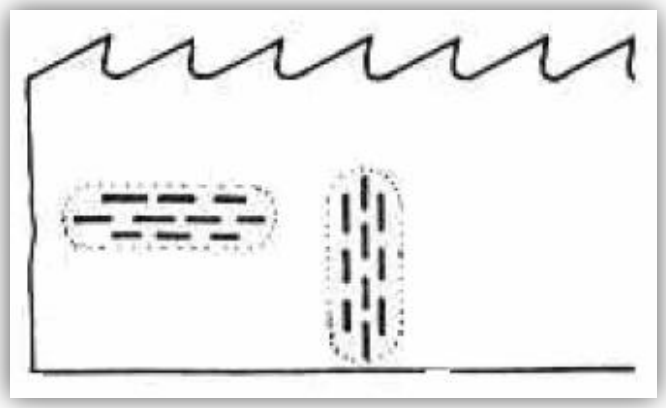
La máquinaria de corte debe tener un mantenimiento básico diario ya que tiene humedad que se mantiene durante la jornada de trabajo debido a la conservación de viruta de árboles con un 80 o 90% de humedad. Se debe limpiar la mesa de trabajo, los rieles transportadores, las fajas, poleas y el área de trabajo para eliminar la viruta de madera aserrada. Adicionalmente, es necesario considerar que las sierras de cinta estrechas se curva ligeramente después de su uso. El aserradero portátil, requiere de una limpieza superficial, ya que está hecho de aluminio anodizado, que es más resistente a la corrosión y oxidación, que el aluminio corriente.

29.5.1.1. Afilado de las sierras de cinta.

Antes de afilar las sierras de cinta se debe hacer una preparación para el limado o esmerilado, esta preparación consiste en limpiar y rectificar las hojas de sierra, por lo que las actividades antes de afilar la sierra de cinta son:

- ✓ Limpiar la sierra de cinta con soda cáustica.
- ✓ Revisar que la hoja de sierra no tenga abolladuras que impidan su correcto funcionamiento. Las abolladuras o protuberancias, normalmente se producen por incrustaciones del aserrín y producen ondulaciones que causan la deformación.
- ✓ Si se presentan abolladuras, se debe marcar con yeso los puntos aboyados.

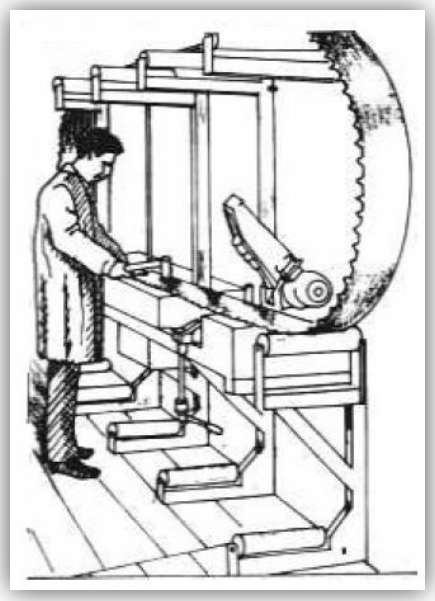
Figura 290: Forma de marcar abolladuras en las sierras de cinta



Fuente: INTECAP, 2005.

Posteriormente se debe sujetar la sierra y golpear con un martillo de boca recta, o con un martillo de media caña. Para las hojas delgadas se debe utilizar martillos livianos, y para las hojas gruesas y anchas los martillos pesados.

Figura 291: Forma correcta para sujetar la sierra de cinta



Fuente: INTECAP, 2005.

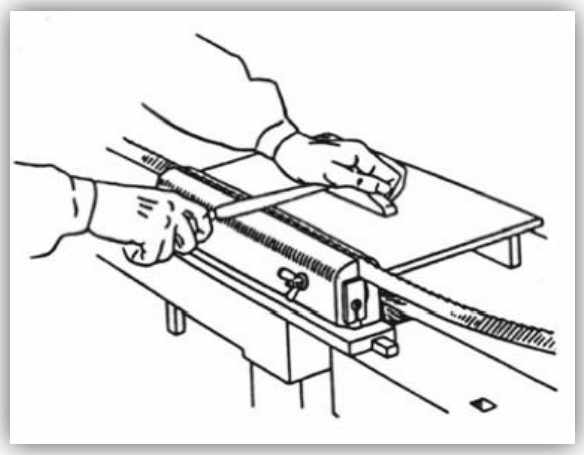
- ✓ Al golpear con un martillo de boca abierta recta, se debe hacer en la dirección de la abolladura hasta dejar aplanada la sierra.
- ✓ Controlar el dorso en la sierra y darle especial atención a la sección de la soldadura.
- ✓ Se debe revisar con una regla, la concavidad y convexidad, que son defectos muy comunes en el dorso de las sierras. La regla, debe ser de una longitud mayor o igual al ancho de la hoja.
- ✓ Al finalizar la inspección y correcciones debidas, proceder al afilado de las sierras de cinta. La mayoría de afilado es manual, sin embargo en trabajos más sofisticados las sierras se afilan con la ayuda de los esmeriles,

Figura 292: Revisión de la sierra de cinta

Fuente: INTECAP, 2005.

- ✓ Posteriormente se procede al afilado de las sierras de cinta
- ✓ Al sujetar la sierra de cinta, la base del diente debe resaltar 2 o 3mm. del canto de la prensa de afilado, la cual debe tener un largo de 500mm. aproximadamente.

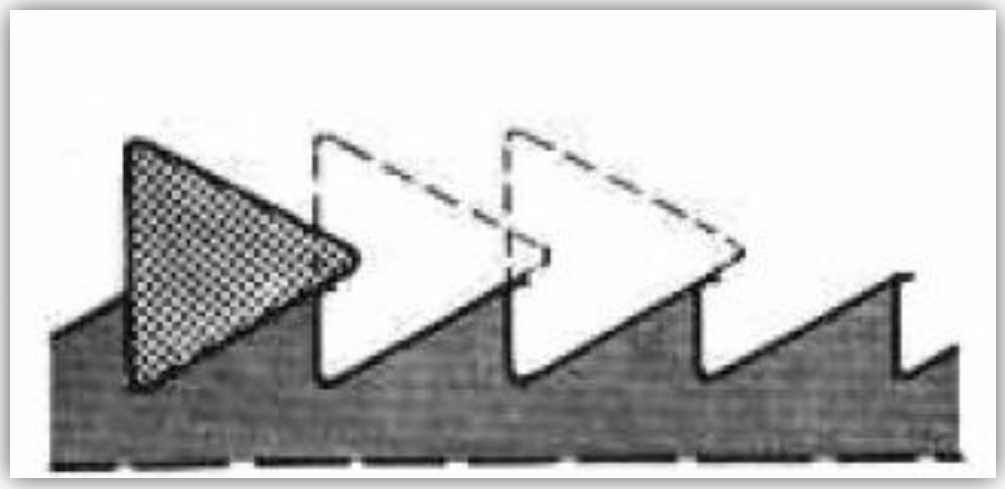
Figura 293: Afilado de la sierra de cinta



Fuente: INTECAP, 2005.

- ✓ Se debe utilizar una lima con sus cantos redondeados para evitar que queden los dientes rectos y así mismo evitar rajaduras en la hoja de sierra.

Figura 294: Dirección del limado



Fuente: INTECAP, 2005.

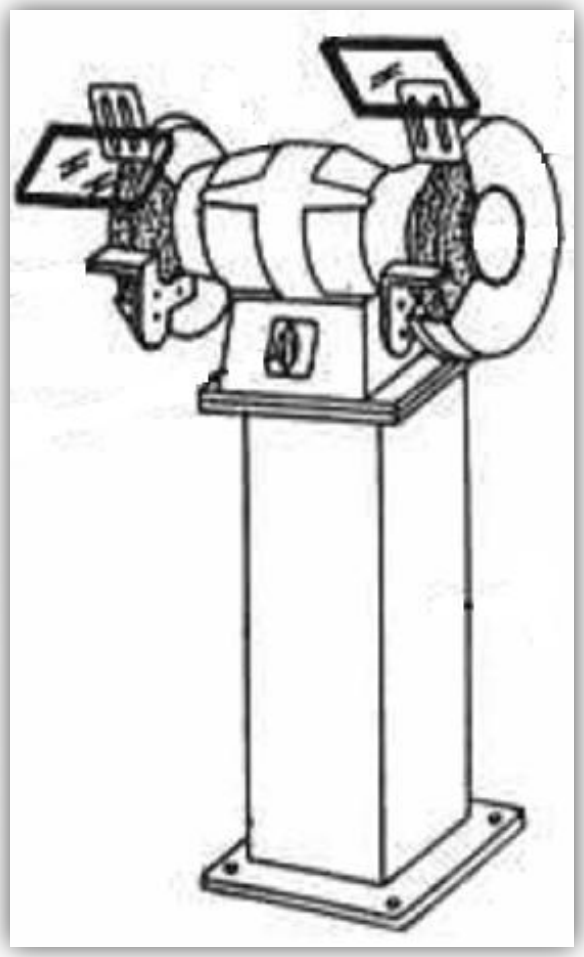
- ✓ Limar en forma recta y con movimientos suaves, haciendo el mismo recorrido con la lima y dando la misma cantidad de pasadas por diente.
- ✓ Realizar varias pasadas, tocando el fondo del diente con la lima, hasta que todos estén afilados.

Durante el afilado se producen rebabas que no se pueden evitar, pero se deben controlar al máximo porque de lo contrario se producen grietas al poco tiempo de haber empezado a trabajar.

29.5.1.2. Máquinaria para afilar sierras

29.5.1.2.1. Esmeriladora.Es un abrasivo utilizado para afilar las sierras que utiliza el esmeril como medio de pulido. Existen dos tipos de esmeriladoras, la esmeriladora de pedestal que está apoyada al piso por medio de pernos de sujeción con unos separadores para aislar la vibración; y la esmeriladora de mesa que se fija por medio de tornillos de sujeción a una mesa de madera o metal según la altura que se necesite. Esta última tiene facilidad en su transporte.

Figura 295: Esmeril eléctrico de pedestal



Fuente: INTECAP, 2005.

Figura 296: Esmeriladora de mesa

Fuente: INTECAP, 2005.

29.5.2. Mantenimiento de la máquinaria de secado y curado.Para proporcionarle un adecuado mantenimiento al equipo de curado y secado, se deben tener conocimientos amplios que están relacionados con calderas, tuberías y presión de vacío. Para el mantenimiento básico de este equipo es necesario:

- ✓ Revisar que la tubería tenga calibradores de temperatura.
- ✓ Limpiar el área de secado en los hornos, extrayendo el agua reposada en el piso.
- ✓ Cambiar periódicamente el agua reciclada utilizada para limpiar los recipientes de presurización.
- ✓ Revisar los acoples de la tubería para evitar fugas.

29.5.3. Mantenimiento de medidor de humedad

- ✓ El medidor de humedad se debe guardar en su estuche después de usarlo para evitar golpes.
- ✓ La humedad de la madera causa oxidación en las puntas metálicas por lo que se deben secar bien.
- ✓ Los cables se deben enrollar de una forma adecuada para evitar que se vayan quebrando con el tiempo.

29.6. Curado de la madera

El curado es el tratamiento que se le da a la madera aserrada, con la finalidad de protegerla de las variantes del tiempo y del ataque de los hongos. Consiste en extraer la savia o lignina del interior de las tablas y depositar el compuesto impregnante en las tablas, a través de varios procesos. La savia es un líquido que circula por el interior de las plantas. Sube desde la raíz en forma de savia cruda o bruta, una solución de sustancias absorbidas del suelo. Para ascender, pasa de célula en célula, sobre todo por ósmosis, a través de las paredes celulares y llega hasta las hojas, donde experimenta alteraciones químicas bajo la influencia de la luz.

Analizando el equipo para curado estudiado en la sección anterior se puede describir que durante el proceso de curado de la madera, el líquido impregnante pasa del baño de almacenaje al autoclave, que contiene la madera y después de haber efectuado la impregnación regresa a su contenedor inicial. El equipo funciona usando un vacío máximo de -730 mmHg. y una sobre presión hidráulica de 12 atm., posteriormente es capaz de realizar ciclos de impregnación. Esa máquina es adecuada para el tratamiento con soluciones impregnantes con sales disueltas en agua.

Figura 297: Impregnadora

Fuente: Elaboración propia, 2010.

29.6.1. Tipos y características del curado de las tablas de madera.

Las dos formas de curar la madera se llevan a cabo manualmente o por impregnación,

con equipo de presurización o por presión. En las grandes empresas combinan las dos formas en un mismo proceso.

29.6.1.1. Curado por impregnación.Para conservar la madera hay que protegerla químicamente. El método más importante es impregnarla con creosota o cloruro de cinc. Este tratamiento sigue siendo uno de los mejores a pesar del desarrollo de nuevos compuestos químicos, sobre todo de compuestos de cobre. También se puede proteger la madera de la intemperie, recubriendo su superficie con barnices y otras sustancias que se aplican con brocha, pistola o baño. Pero estas sustancias no penetran en la madera, por lo que no previenen el deterioro que producen hongos, insectos y otros organismos.

29.6.1.2. Curado por presión.Consiste en introducir las pilas de madera con dimensiones uniformes en un recipiente cilíndrico industrial con tapas esféricas. Este equipo para impregnación por presión, funciona a base de presión al vacío. Cuando la madera está adentro del recipiente, este se cierra herméticamente y el compuesto impregnador pasa del depósito contenedor, al recipiente hermético.

29.6.2. Materiales para el curado de la madera.Los productos que se aplican a la madera durante el proceso de curado son líquidos que reaccionan con las sustancias que posee la madera y deben mezclarse en el depósito de soluciones ya que reaccionan por medio de la presión aplicada.

Los materiales de madera son agentes químicos que pueden ser simples o compuestos, actúan de una forma efervescente al tener contacto con las sustancias que contienen las tablas de madera. Los materiales que se utilizan son líquidos con el fin de proteger y conservar la madera. Para evitar rajaduras se puede aplicar parafina o cera en las tablas de madera pero no tiene la misma función que las soluciones impregnantes ya que no penetran la madera de la misma forma. Los materiales más comunes en el proceso de curado de madera son los llamados de presión ya que se depositan en los recipientes de la presurizadora y actúan bajo condiciones de presión. Los materiales que se utilizan son levemente tóxicos pero el riesgo es mínimo ya que la presurizadora se cierra herméticamente y no hay contacto con el operario.

29.7. Secado de madera

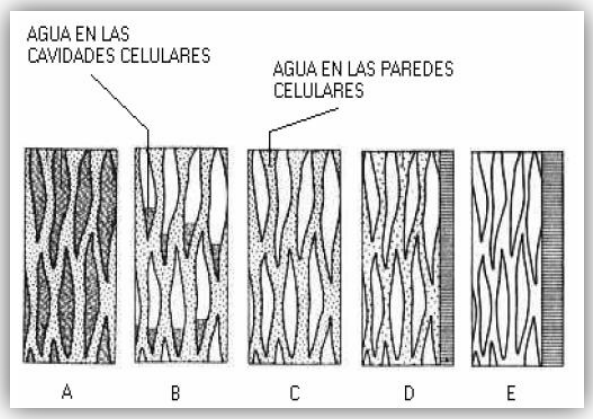
Después de que la madera ha sido cortada e impregnada, se debe secar antes de convertirla en piezas específicas para la fabricación de los muebles. La madera debe quedar por lo menos debajo de un 12% de humedad, no es necesario que la madera contenga un 0% de humedad ya que sería madera muerta, con una apariencia fea y no serviría para la venta. (INTECAP, 2005)

29.7.1. Definición.

El secado de la madera es el proceso mediante el cual se disminuye el agua en la cavidad celular y las paredes celulares; el agua que se encuentra en la cavidad celular es llamada “agua libre” y el agua que ésta en las paredes celulares, se denomina “agua latente”.

En la siguiente figura se puede observar que la figura (a), contiene de 50 a 150% de agua y que es un árbol recién cortado, posteriormente (b) se tiene la madera antes del aserrado con un 40% de agua. La tercera figura (c), es la madera después de ser aserrada y contiene un 30% de agua. Al pasar uno o dos años la madera aun contiene un 15% de agua (d), y finalmente (e) la madera que está totalmente seca contiene un 0% de agua.

Figura 298: Contenido de agua en la madera



Fuente: INTECAP, 2005.

El secado de la madera es un proceso importante para cualquier pieza que tenga uso en el interior de una vivienda, ya sea para fines estructurales o de terminación. Utilizar madera seca es de mucha utilidad ya que aporta varios beneficios entre los que se pueden mencionar:

- ✓ Mejora las propiedades mecánicas de la madera, en el momento de secar una tabla de madera se vuelve más resistente que una tabla de madera verde.
- ✓ Mejora la estabilidad dimensional.
- ✓ Aumenta la resistencia al ataque de agentes destructores como los hongos.
- ✓ Aumenta la retención de clavos y tornillos.
- ✓ Disminuye de una forma considerable el peso de la tabla, reduce los costos de transporte y facilita la manipulación de herramientas.
- ✓ Mejora la resistencia de adhesivos, pinturas y barnices.
- ✓ Mejora su ductilidad, facilidad para cortar y para pulir.
- ✓ Mejora la absorción de preservantes líquidos aplicados con presión.
- ✓ Aumenta la resistencia de las uniones de maderas encoladas.

29.7.2. Calidad del secado en la madera.

Un aspecto muy importante en el proceso de aserrío es la calidad en el secado de la madera, esto se debe a que en muchas ocasiones se pueden encontrar fallas en el pegado de uniones de paneles, gradas en productos engomados o laminados y torceduras en paneles y partes de muebles terminados; por ello se sabe que el secado de la madera de buena calidad evita las manchas y decoloraciones, evita las rajaduras, minimiza las torceduras y los problemas de insectos.

La calidad en el secado de la madera, tiene una gran influencia en la utilidad, el rendimiento y la eficiencia de la misma e todos los procesos siguientes a éste. Asimismo tiene un impacto directo en la utilidad y valor del producto terminado.

Para un secado adecuado se debe iniciar con la protección de la troza, este proceso es de mucha importancia ya que con él se evitan las manchas y rajaduras. Si se tiene una alta rotación de inventario de trozas, se puede evitar el problema de las manchas y rajaduras y la empresa puede ahorrar mucho dinero. Sin embargo si este no es el caso, se puede aplicar a las trozas cera o químicos anti-manchas que ayudarán si es necesario mantenerlas almacenadas durante un tiempo más prolongado.

Las rajaduras en la madera se pueden evitar si no se expone la madera al sol directo y a la lluvia, si se evitan las humedades iniciales bajas, aplicando revestimiento a las puntas, o

utilizando cobertizos, de ventiladores o pre-secadores de corriente cruzada en vez de secar la madera al aire.

Para evitar las manchas se debe comenzar con el impregnado de la madera entre las 12 y 24 horas después de haber sido cortada y posteriormente empezar con el secado lo más rápido que se pueda. Es necesario poner la madera en un lugar de secado rápidamente para que la reacción química no pueda suceder. Es común utilizar cajas de viento o cobertizos de ventiladores para poner la madera mientras se espera que se vacíe un horno. Para aquellas especies que tienden a rajarse, se debe limitar el espesor de la madera que se pone en los cobertizos ventilados entre 25 y 32mm. Es mejor tener dos hornos pequeños que un horno grande, debido a que se pueden cargar más rápido, disminuyendo de ésta manera las posibilidades de tener manchas. Es muy importante tomar en cuenta que se deben revestir las puntas antes que los defectos se formen. El pino blanco tiende a mancharse de color café, esto según la práctica y según investigaciones se puede evitar minimizando el tiempo desde que se corta el árbol hasta el momento cuando la madera extraída se pone en el horno.

Existen diversos tipos de madera como se ha mencionado anteriormente, por ello hay ciertas maderas que se rajan fácilmente, para ello es necesario protegerlas del sol y la lluvia durante las operaciones de manejo, utilizar cobertizos, con ventiladores o presecadores. Para aquellas maderas que son blancas o que tienden a mancharse se deben introducir en el horno lo más rápido que se pueda. Con el presecado se logra reducir el contenido de humedad para que el tiempo de secado en el horno pueda ser reducido, esto sucede únicamente si la humedad después del presecado es uniforme. El presecado también reduce el daño de secado, y minimiza el costo total de secar la madera.

29.7.3. Tipos de secado.

El secado de la madera puede llevarse a cabo por dos métodos diferentes que tienen sus propias ventajas y desventajas. Los mismos se analizan a continuación.

29.7.3.1. Secado al aire.

Este tipo de secado se realiza colocando las tablas de madera bajo cubiertas protectoras contra el sol directo, permitiendo la circulación del aire en forma libre, para ello se debe tomar en cuenta las condiciones de temperatura y humedad relativa del ambiente, para que se lleve a cabo el secado de la madera. El secado natural consiste en hacer

que el contenido de humedad de la madera, se acerque lo más posible a la humedad del ambiente, a la cual el producto terminado estará expuesto.

Es importante tomar en cuenta los cambios climáticos que se den en el país, ya que el secado de la madera dependerá de este factor. Existen otros factores que influyen en que el secado al aire sea adecuado, entre ellos están:

- ✓ Disponer de un espacio que permita tener expuesta la madera al aire, y que el apilamiento de la madera sea efectuada de modo que el aire circule envolviendo cada una de las piezas de madera.
- ✓ El apilado plano es el mejor sistema de apilamiento para obtener un secado rápido que minimice el agrietamiento y torceduras.

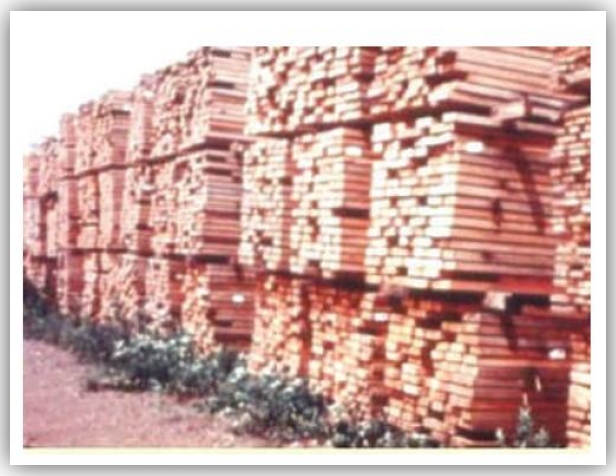
29.7.3.1.1. Ventajas

- ✓ No incurre en costos de energía.
- ✓ No utiliza ningún equipo para el secado.
- ✓ Prevé existencia de la madera más necesaria.

29.7.3.1.2. Desventajas

- ✓ Es un proceso poco efectivo y en ocasiones puede ser muy lento.
- ✓ La madera está expuesta a una variación ambiental.
- ✓ Se tiene un largo tiempo de almacenaje, y se pierde calidad.
- ✓ El almacenaje favorece el ataque de animales dañinos y hongos.
- ✓ Se invierte capital en materia prima almacenada.
- ✓ El límite de secado es del 12 al 15% de humedad.
- ✓ Se necesita un área grande para almacenaje.
- ✓ Existe peligro de incendios.

Figura 299: Apilamiento plano de la madera



Fuente: Durán, 2004.

El secado natural es dependiente de los factores:

- ✓ Humedad relativa del aire.
- ✓ Velocidad del aire.
- ✓ Temperatura del aire.
- ✓ La especie de árbol.
- ✓ El grosor de la madera.
- ✓ Contenido de humedad inicial de la madera.
- ✓ Las circunstancias físicas del área de secado.

29.7.3.2. Secado artificial en horno.Este proceso consiste en disminuir la humedad que contiene la madera, mediante su secado en cámaras especiales de secamiento llamadas hornos, que funcionan mediante el vapor generado por calderas, estos manejan variables de humedad, presión y temperatura. Sin embargo es un proceso que puede provocar fisuras, grietas, arqueaduras y torceduras en la madera, dependiendo del procedimiento que se utilice y la especie con la que se esté trabajando.

Una de las ventajas de este proceso es la rapidez con la que se lleva a cabo y que se puede establecer el grado de humedad que se desee. Sin embargo una de las desventajas es el alto costo en la inversión de la máquinaria y el equipo.

29.7.4. Principios de secado.Existen cuatro principios básicos de secado:

- ✓ Calor: evapora el agua, moviendo las moléculas de agua del centro de la madera al exterior de la misma. Es importante tomar en cuenta que la madera es más débil a temperaturas altas, por lo cual se debe utilizar únicamente el calor suficiente para hacer el trabajo.
- ✓ Humedad relativa: permite que el agua se evapore de la superficie de la madera, controla la velocidad del secado al principio del secado, se debe tener una mayor humedad en el lado de salida de la carga.
- ✓ Corriente de aire: se utiliza para aportar energía a la madera y extraer la humedad, si hay muy poca corriente de aire resulta un secado lento y con manchas, y demasiada corriente de aire puede causar rajaduras.

Tabla 94: Corriente de aire según la especie

ESPECIE DE MADERA	CORRIENTE DE AIRE (m/s)
Roble, Encino	1.5 – 1.8
Álamo, Chopo	3.1 – 3.6
Arce Duro	1.8 – 2.3
Pino Blanco	3.0 – 3.6
Pino Sureño (baja temperatura)	3.3 – 3.8
Pino Sureño (alta temperatura)	6.0 - 8.1

29.7.5. Áreas de secado de las tablas de madera.Para poder ubicar de la mejor forma las áreas de secado, se debe tener en cuenta la dirección del flujo de aire.

29.7.5.1. Patio de secamiento.Esta es el área en la cual se apila la madera y se deja secar al aire por medio del sol y del viento, por lo cual es importante protegerla con cobertores para que no se raje. Esta área debe de mantenerse con mucha vigilancia para reducir la probabilidad de ataques por enfermedades y hongos en la madera, por lo tanto se recomienda:

- ✓ Mantener el área de secamiento, sin obstáculos para que el viento pueda circular de la mejor manera. Mientras más viento circula, menor es el peligro de que la madera sea atacada por plagas e insectos y ayuda a que el secado sea más rápido.

- ✓ Evitar apilar la madera en patios pequeños que estén cerrados con muros altos.
- ✓ Es necesario mantener el patio seco y libre de vegetación.
- ✓ Para evitar canales de drenaje se debe cubrir el suelo con una capa de piedras pequeñas.

29.7.6. Apolinamiento de las tablas de madera.

Para poder secar la madera de una forma adecuada se deben formar pilas de madera en posición transversal en la dirección dominante del viento. En la parte más baja de la pila se deben emplear bases de concreto que estén bien construidas. Entre las bases y la pieza transversal, se debe colocar una base impermeabilizante que impida el paso de la humedad.

Dependiendo que tan largas y gruesas sean las tablas de madera, así será la distancia entre las bases, por lo general es entre 0.90 y 1.25m. longitudinalmente y entre 0.5 y 1m. transversalmente. La distancia entre el piso y la primera fila debe estar entre 40 y 60cm. Cuando se tienen las bases definidas se deben apilar las tablas, utilizando polines de separación, los cuales no deben tener menos de 25mm. de grosor; así mismo estos polines deben ser cuadrados y de una madera resistente ya que soportaran mucho peso.

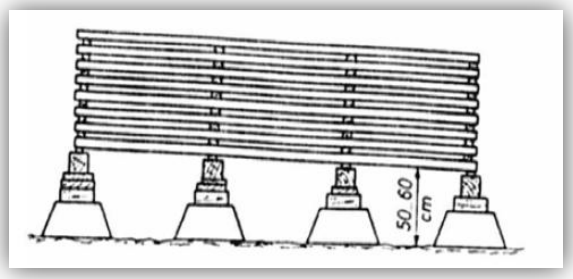
Los polines deben ser lo suficientemente anchos para evitar rajaduras en las testas de las tablas de madera y de esta forma logran sobrepasar los extremos. Otra práctica muy utilizada es pintar, encerar o clavar una cinta de madera o de metal a la testa.

Figura 300: Protección de los extremos de las tablas de madera

Fuente: INTECAP, 2005.

Otro método efectivo aunque no tan utilizado en Guatemala, es colocar las pilas con un desnivel o colocarles un techo de lámina transparente, para evitar que los rayos del sol causen rajaduras en las tablas de madera. Este desnivel varía de 2 cm. hasta 1m. de largo.

Figura 301: Desnivel en el apilado de las tablas de madera



Fuente: INTECAP, 2005.

29.7.6.1. Clases de apilado de las tablas de madera.El apilado de la madera puede hacerse de dos formas diferentes, una en forma de tronco y la otra en forma de cajón.

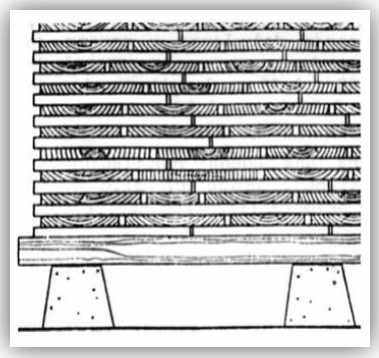
29.7.6.1.1. Apilado en forma de tronco.Se realiza cuando regularmente las tablas o tablones no están canteados y aún conservan su corteza en el momento que se apilan por lo que forman un tronco. Se deben usar polines de unión entre las tablas. El objetivo de este apilado es que la madera no se mezcle con las otras trozas en el momento en que se está aserrando.

Figura 302: Apilado en forma de tronco

Fuente: INTECAP, 2005.

29.7.6.1.2. Apilado en forma de cartón.Este tipo de apilado se recomienda cuando las tablas están canteadas, es necesario que el lado derecho quede hacia arriba ya que es más duro y requiere de más aire y calor, los cuales tienden a aumentar de abajo hacia arriba.

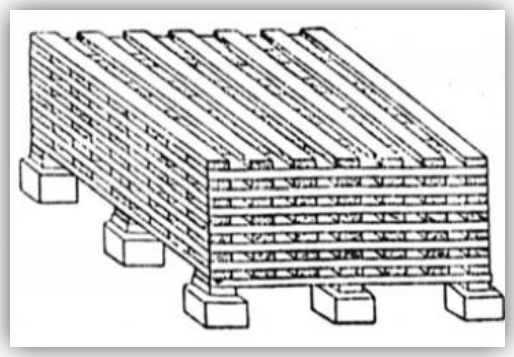
Figura 303: Apilado en forma de cartón



Fuente: INTECAP, 2005.

29.7.6.1.3. Apilado en forma cruzada.Se utiliza cuando se tienen piezas angostas, esto con el fin de evitar la generación de hongos y manchas por la escasa circulación del aire. Este tipo de apilado se recomienda cuando la madera ya está seca.

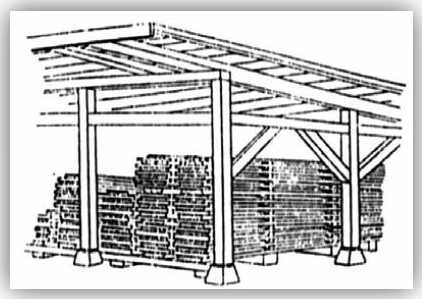
Figura 304: Apilado en forma cruzada



Fuente: INTECAP, 2005.

29.7.6.1.4. Bajo cobertizos de madera.Las maderas preciosas como la caoba y el cedro se deben apilar bajo cobertizos de madera con el fin de protegerlas de los rayos solares.

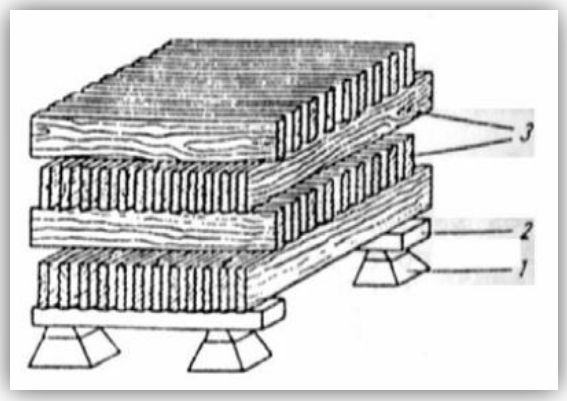
Figura 305: Apolinamiento bajo cobertizos de madera



Fuente: INTECAP, 2005.

29.7.6.1.5. Otras formas de apilar la madera.Existen algunas formas especiales de apilar la madera seca; este tipo de tablas son pequeñas o cortas en su mayoría y por ello no se tuercen mucho. Sin embargo es necesario tomar en cuenta la ventilación para evitar el ataque de los hongos o las enfermedades, por ello se muestra a continuación una forma de apolinamiento de este caso en particular en el cual se puede observar que los componentes de una pila son: (1) base, (2) transversal y (3) madera que se debe secar.

Figura 306: Componentes de una pila

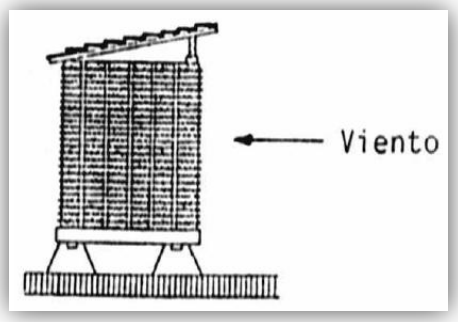


Fuente: INTECAP, 2005.

29.7.7. Precauciones en el secado de la madera.Cuando se realiza el proceso de secado de las tablas de madera es necesario tomar en cuenta ciertos cuidados entre los que se pueden mencionar:

- ✓ Templar las pilas con una cubierta protectora con lo que se pueden evitar los defectos de alabeo.

Figura 307: Cubierta en pilas de madera



Fuente: INTECAP, 2005.

- ✓ El patio de secado debe tener un orden adecuado y sistemático, tratando de tener un control de la calidad de la madera que entra, la cantidad de madera en existencia, el tiempo de secado y el contenido de humedad.
- ✓ Es necesario reapilar la madera como mínimo una vez en el tiempo que dura el secado, para que la madera seque uniformemente. De esta forma, la madera que está en un principio en la parte de abajo, quede en la parte de arriba en la nueva pila, asimismo la madera que se encontraba en el centro en un principio, quede afuera en el segundo apilado.
- ✓ La madera nueva o recién aserrada se debe apilar correctamente ya que con ello se evita el riesgo de ser atacada por hongos o enfermedades.
- ✓ Si ya hay maderas que están afectadas por hongos o enfermedades, se deben separar de las sanas para evitar los contagios.
- ✓ En momentos en los que el sol sea excesivo, se debe rociar la madera con agua para evitar las rajaduras en las tablas.

29.7.8. Defectos por secado.Los defectos por secado se producen cuando se realiza algún tipo de proceso que puede generar tensiones internas a nivel de estructura de la madera. Entre los defectos más frecuentes se encuentran:

29.7.8.1. Arqueadura.Este tipo de defecto también conocido como el combado, es el alabeo de las caras en dirección de las fibras de madera. La flecha que se forma por una de sus caras indica el grado de deformación, el cual se debe analizar para determinar el nivel de aceptación que se permite en la madera para un determinado uso.

Figura 308: Arqueadura de la madera

Fuente: Durán, 2004.

29.7.8.2. Acanaladura.También conocida como abarquillado es un alabeo en dirección transversal a las fibras.

Figura 309: Acanaladura de la madera

Fuente: Durán, 2004.

29.7.8.3. Encorvadura.Llamada también curvatura lateral, es el alabeo de los cantos en el mismo sentido de las fibras.

Figura 310: Encorvadura de la madera

Fuente: Durán, 2004.

29.7.8.4. Torcedura.También se le conoce como revirado y es el alabeo helicoidal en dirección longitudinal y transversal de las fibras.

Figura 311: Torcedura de la madera

Fuente: Durán, 2004.

29.7.8.5. Colapso.Es la reducción de las dimensiones de la madera durante el proceso de secado, en los puntos de saturación de las fibras, lo cual se debe al aplastamiento de las cavidades celulares.

29.8. Almacenamiento de la madera

Almacenar la madera es el último paso del proceso de aserrío y es de mucha importancia ya que se debe almacenar en un lugar adecuado según la especie con la que se esté trabajando, dimensiones y categorías, y sobre todo aplicar técnicas específicas con las cuales se conservará durante un tiempo determinado. Para almacenar correctamente la madera, existen procedimientos que se deben aplicar para obtener un buen resultado y evitar cualquier tipo de defecto en las tablas o rechazo por parte de los clientes.

Almacenar la madera es guardarla para su uso posterior o mientras se comercializa, tomando en cuenta muchos cuidados que mantengan la madera limpia y libre de plagas. El almacenamiento se realiza después del curado y secado de las tablas, sin embargo deben apilarse de una manera adecuada, en bodegas amplias con techo, para evitar que se expongan al sol.

29.8.1. Métodos de almacenamiento.

En esta sección se estudiarán dos métodos diferentes de almacenamiento en los cuales se aplican ciertas técnicas de apilado, se tiene el método de tablas rústicas y de piezas pequeñas.

29.8.1.1. Método de tablas rústicas.

El almacenamiento de las tablas rústicas, consiste en realizar pilas de madera utilizando polines de separación entre las tablas. Estas pilas de madera son colocadas en lugares debidamente cubiertos, para su posterior utilización. Cada pila de madera debe estar debidamente identificada, sobre todo con respecto a la fecha de ingreso, para ser utilizadas según su antigüedad en el área de almacenamiento.

29.8.1.2. Método de piezas pequeñas.

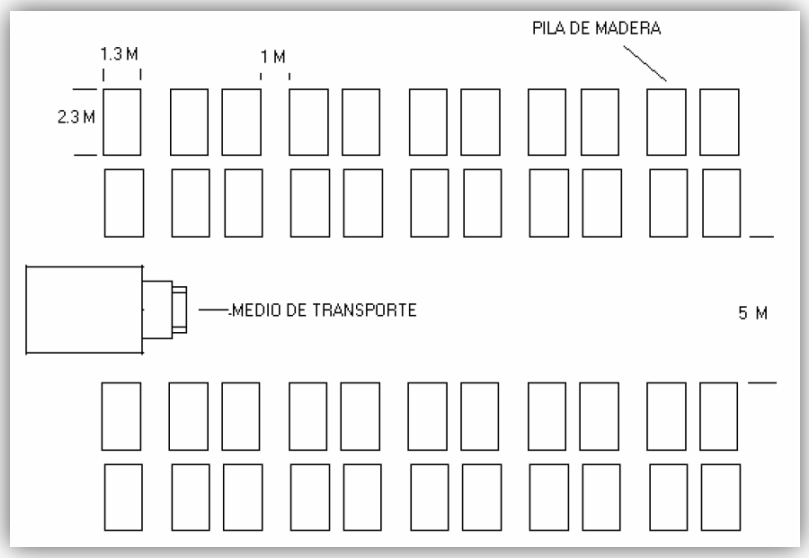
El almacenamiento de piezas pequeñas es aprovechar el espacio en el área de almacenaje. Consiste en adecuar cada pila de madera, según el tamaño de las piezas de madera cortada. Este método de almacenamiento se aplica en piezas que han sido preparadas previamente con dimensiones determinadas. Generalmente el almacenamiento de piezas pequeñas, se lleva a cabo cuando la madera será exportada en contenedores, hacia otros destinos para efectos de comercialización, en este caso se deben aplicar las técnicas de identificación de bloques y condiciones de almacenamiento.

29.8.2. Identificación de bloques.Es la colocación de una etiqueta con información de la respectiva pila de madera. En un área de almacenamiento, existe madera de diferente especie, por lo que es necesario e importante identificarla debidamente. Una etiqueta debe contener la siguiente información:

- ✓ Especie de madera
- ✓ Dimensiones
- ✓ Fecha de ingreso
- ✓ Procedencia
- ✓ Porcentaje de secado

29.8.3. Condiciones de almacenamiento. La madera seca y las maderas preciosas, deben almacenarse de una forma adecuada, considerando un área despejada para la circulación de vehículos, camiones o montacargas. También debe contar con un techo en buen estado, de manera tal que la madera almacenada no se exponga al sol y a la lluvia. Los pasillos de transporte deben ser de 1.5m. más anchos que el medio de transporte, esto por razones de seguridad. Una pila de madera debe tener 2.5m. de altura como máximo. Estas pilas contienen aproximadamente 140 tablones o 4m^3 de madera.

Figura 312: Almacenamiento correcto de la madera



Fuente: INTECAP, 2005.

29.8.4. Recomendaciones para el almacenamiento de la madera.

- ✓ Elabore e instale bases de concreto o de madera, separadas del piso para almacenar tablas, según las dimensiones descritas en la sección de formas de apilado, dejando espacio para pasillos peatonales o con espacio para montacargas según el área de almacenamiento.
- ✓ Identifique cada bloque de madera con su respectiva tarjeta de información, en la que sobresalga el tipo de madera que está almacenado, la fecha en que almacenó y las dimensiones más comunes.
- ✓ Revise que el techo del lugar de almacenamiento este en buen estado y que el piso tenga canales de desagüe para evitar acumulaciones de agua en casos especiales.

29.9. Medidas mínimas de seguridad

29.9.1. Riesgos industriales

29.9.1.1. Riesgos mecánicos.Los riesgos mecánicos pueden ser de diversos tipos:

29.9.1.1.2. Riesgos en zonas convergentes.Se dan en máquinas que tienen engranajes, cadenas, fajas, tornillos, compuertas, laminadores, dobladores o tornillos helicoidales. Son muy comunes ya que son zonas en las cuales puede quedar atrapada alguna extremidad o parte del cuerpo y provocar lesiones.

29.9.1.1.3. Riesgos por enrollamiento.Se da con más frecuencia en superficies rugosas, diámetros menores y velocidades altas. Sucede cuando se utilizan guantes o batas de manga larga en máquinaria que no la necesita y esta atrapa el accesorio produciendo heridas en las extremidades.

29.9.1.1.4. Riesgos por proyectiles.Es cuando una máquinaria desprende como producto viruta que sale a velocidad y puede incrustarse en el cuerpo, se da en piedras de esmeril, las virutas de madera, piezas sujetas al impacto, objetos arrojados.

29.9.1.1.5. Riesgos por abrasión.Son todos los ocasionados por rozamiento o desgaste que provoca la erosión de un material. Se provoca el desgaste, raspadura que puede dañar la piel, quemadura, laceración o magulladura. Se da en fajas, cintas

transportadoras, ruedas, herramientas abrasivas, ejes y caídas móviles. Para ello se pueden utilizar dispositivos que eviten proyectiles en viruta y cortaduras.

29.9.1.1.6. Riesgos en sierras.Las sierras se pueden cubrir por dispositivos que disminuyan el polvo, proyectiles de viruta, cortaduras y otros. También se puede utilizar un método de proyección por efecto capacitivo que es un sistema que poseen ciertas máquinarias que al acercar la mano dejan de operar con el fin de minimizar las lesiones.

29.9.1.1.7. Riesgos por vaivén.El operario puede quedar atrapado por el balanceo de la máquina.

29.9.1.1.8. Riesgos por izaje.La postura es muy importante en cualquier trabajo de aserrío. La columna es el talón de Aquiles del cuerpo y la falta de cuidado de esta produce hernias discales que son la causa más frecuente del dolor de espalda. Las fajas son un uso importante en trabajos donde se necesite levantar piezas pesadas. Se pueden dar lesiones en cuello y espalda, por ello la forma correcta de agacharse al cargar vigas de madera muy pesadas es doblando las piernas y apoyarse en ellas en vez de hacerlo en la columna ya que se causa menos tensión muscular y disminuye la reacción en los discos de la espalda. Así mismo es importante usar medios de transporte como cuerdas, cadenas, cables, carritos, montacargas, entre otros métodos que aumenten la distancia entre el operario y la carga con el fin de que se utilice menos fuerza. Si se hace un izaje manual es necesario usar carretas, trickets, máquinas hidráulicas, etc.

29.9.1.1.9. Riesgos con montacargas.Al utilizar los montacargas hay que cuidar el exceso de velocidad, la falta de visibilidad, inestabilidad lateral, cargas inestables o tener dos focos de atención simultánea ya que esto puede causar serios accidentes tanto al operario como a personas que estén cerca de él.

29.9.1.2. Riesgos eléctricos.En la industria maderera se debe tener especial atención con la corriente eléctrica ya que cualquier falta de atención o medida de precaución puede causar serios daños al operario. Nunca se debe manipular una herramienta mientras está encendida. Si se hace algún tipo de mantenimiento o limpieza se debe desconectar para disminuir los riesgos. No hay que tocar las instalaciones eléctricas y si por alguna razón las toca debe utilizar guantes o aislantes, o con el reverso de la mano conservando la otra mano en el bolsillo.

Los daños a la propiedad se pueden dar por incendios en instalaciones no protegidas, áreas sobrecargadas, daños mecánicos o químicos, alimentación inadecuada del área eléctrica, chispas o gases combustibles. Las chispas eléctricas por su parte son causadas por cerrar o abrir circuitos, falsos contactos, electricidad estática, ropa o procedimientos inadecuados y protección inadecuada.

29.9.1.3. Riesgos químicos.Toda sustancia es potencialmente tóxica dependiendo de la naturaleza de la misma, su concentración, la vía de acceso, tiempo de acción y sensibilidad personal. Las vías de acceso en orden de peligrosidad son:

29.9.1.3.1. Respiratoria.Incluye todo lo que tenga que ver con inhalación. El aparato respiratorio lo constituyen los pulmones, tórax, bronquios y alveolos.

29.9.1.3.2. Sistema integumentario.Es la piel, epidermis, dermis y capa subcutánea. Los riesgos que suceden en la piel se dan por absorción.

29.9.1.3.3. Sistema gastrointestinal.Se da por ingestión. Este es el más controlable porque las personas deciden que consumir y que no.

29.9.1.4. Riesgos por inhalación

29.9.1.4.1. Inhalación de polvos y fibras.Las partículas no reactivas producen el riesgo mecánico a nivel de tejido. Si el diámetro de la partícula es mediano, se retiene en las mucosidades y vellosidades nasales, si es un poco más pequeño se retiene en los conductos respiratorios y si es demasiado pequeño casi polvo, entra a los pulmones y se incrusta en los tejidos. Para evitar los riesgos por inhalación se recomienda utilizar máscaras específicas para el tipo de partículas y tener un diseño apropiado y ventilación eficiente.

29.9.2. Consideraciones de seguridad.En el proceso de aserrío se deben tomar en cuenta las siguientes medidas de seguridad:

- ✓ Sujete fuertemente los tablones o tablas al transportarlos de un lugar a otro, debido que al caerse pueden provocar accidentes.

- ✓ Defina un lugar adecuado para colocar los residuos de las trozas ya que pueden confundirse con las tablas utilizables.
- ✓ Sujete correctamente el martillo al colocar el alambre galvanizado, ya que este puede quedar torcido y expuesto a lastimar a alguien.
- ✓ La solución química a la que se está expuesto en el proceso de curado, produce quemaduras al tener contacto con su piel. En dicho proceso es necesario utilizar gafas o lentes transparentes, guates y ropa adecuada. Evite las salpicaduras del material impregnante. No permita que las personas no involucradas en el proceso estén a su lado durante la aplicación de la solución.
- ✓ Lávese las manos con agua y jabón, después de aplicar la solución.
- ✓ Prevea en conexiones de agua para el combate de posibles incendios en el patio de secado
- ✓ Despejar el área de los hornos para poder evacuar en caso de incendio.
- ✓ En el proceso de cepillado de la madera se debe tener especial cuidado con la viruta por lo que se utilizan guantas para protección contra las astillas de madera.
- ✓ Asegurar la máquinaria contra encendido imprevisto.
- ✓ No deslizar la mano sobre las cuchillas.
- ✓ Colocar una mesa auxiliar en la salida de las tablas de madera con el fin de proteger la madera contra golpes.
- ✓ Cuidar la posición de trabajo.

Durante el curado y secado de la madera, es importante que aplique las siguientes normas de seguridad:

- ✓ Identifique las tuberías con los colores apropiados, según el fluido que transportan, por ejemplo: vapor (naranja), agua (celeste), aire (gris), entre otros.
- ✓ Utilice casco y zapatos adecuados al ingresar a las cámaras de secamiento para tomar mediciones.
- ✓ Utilice ropa adecuada así como guantes de cuero para manipular la solución impregnante.
- ✓ Mantenga extintores llenos en el área de calderas y cámaras para secado.
- ✓ Revise constantemente los indicadores de presión de vacío y los medidores de vapor.

Al utilizar la herramienta para curar y secar la madera se debe:

- ✓ Utilizar guantes de protección para evitar el contacto con la solución impregnante.
- ✓ Utilizar gafas o lentes plásticos en el momento de aplicar impregnantes a las tablas de madera, con esto evitará quemaduras en los ojos por salpicaduras.
- ✓ Utilizar ropa adecuada y de manga larga, bata blanca que permita observar la cantidad de salpicaduras de solución adheridas a la misma y poder cambiarla en un momento indicado.
- ✓ Las puntas se deben sujetar por el mango al momento de utilizar el medidor de humedad.
- ✓ Utilizar mascarillas desechables con filtro, para evitar la inhalación de los gases provenientes del líquido que se esté utilizando.
- ✓ Lavarse las manos con agua y jabón después de utilizar las soluciones impregnantes.

Al utilizar materiales para el curado de madera, se debe tener especial atención, ya que son químicos altamente volátiles e inflamables que reaccionan con el calor y se deben conservar considerando:

- ✓ Cada vez que se use la solución impregnante, cerrar el envase de la sustancia.
- ✓ Colocar una etiqueta de información alrededor del envase como una medida de precaución, en la cual indique que el contenido es un material venenoso, que indique el nombre del compuesto y sus posibles causas.
- ✓ Los envases deben estar almacenados en un lugar fresco sin exposición al sol.
- ✓ Pregunte al proveedor sobre los métodos de manejo y almacenamiento de los productos que está utilizando.

Para evitar accidentes por electricidad se debe:

- ✓ Tener cuidado especial con la instalación, diseño, explotación adecuada.
- ✓ Verificar los riesgos como la alta frecuencia, y los estáticos.
- ✓ Comprobar las fallas por medio de instrumentos.
- ✓ Utilizar medios de protección adecuada.
- ✓ Señalizar y bloquear lugares de peligro.
- ✓ Tener una constante reparación y mantenimiento.

- ✓ Apagar y desconectar antes de revisar o transportar un equipo.
- ✓ No sobrecargar una línea
- ✓ Respetar códigos y normas internacionales.

En caso de un accidente eléctrico se recomienda:

- ✓ Mantener la calma.
- ✓ Abrir el circuito o separar a la víctima con un elemento aislante cuidando de no convertirse en otra víctima.
- ✓ Provocar un cortocircuito.
- ✓ Avisar al personal médico y al resto del personal.
- ✓ Proveer reanimación cardiorrespiratoria si es necesario.
- ✓ Cubrir quemaduras y lesiones secundarias.

Consideraciones de riesgos químicos:

- ✓ Conocer la sustancia en el ambiente laboral.
- ✓ Investigar antes de manipular.
- ✓ Usar equipo de seguridad personal.
- ✓ Garantizar el equipo de seguridad local.
- ✓ Tener acceso a un botiquín que tenga antídotos y elementos sanitarios.
- ✓ No probar una sustancia química.
- ✓ Tener especial cuidado en transporte, manipulación y preparación de sustancias químicas.
- ✓ Tener los recipientes bien etiquetados.
- ✓ Tener cuidado al almacenar las sustancias.
- ✓ Estudiar la mejor forma de desecho de subproductos y residuos.

29.9.3. Equipo de seguridad local

29.9.3.1. Rótulos preventivos.Indican prohibición, reglas, normas, indican señales riesgosas que tienen posibilidad de muerte o lesiones serias, para enfrentar situaciones de emergencia, políticas de seguridad, higiene, origen, condiciones de trabajo, indicar elementos de control de incendios, correcto uso y manejo de extintores, significan voz de mando,

obligatoriedad para utilizar elementos de protección personal. También pueden identificar riesgos de salud, inflamabilidad, reactividad y riesgos especiales. Proporcionan instrucciones e información para el acceso a un área, identificación de rutas de evacuación, salidas de emergencia, ubicación de elementos para emergencias. Identifica tuberías por donde circulan materiales o sustancias de atención especial.

Figura 313: Rótulos preventivos

Fuente: http://bloganvela.com/

29.9.3.2. Extintores.Son aparatos utilizados para prevenir el riesgo de incendios. Se deben colocar en lugares visibles y se debe verificar su fecha de revisión para evitar fallos en el momento de necesitarlos. Así mismo se debe dar una capacitación a los operarios para que puedan maniobrarlo en el caso de emergencia.

Figura 314: Extintores

Fuente: http://bloganvela.com/

29.9.4. Equipo de seguridad personal

29.9.4.1. Guantes.Son equipos que protegen las manos contra posibles riesgos en el área laboral. En algunos casos cubren parte del antebrazo y brazo. Deben aportar protección contra los riesgos mecánicos, térmicos, químicos y eléctricos. Se deben conservar limpios y secos.

Figura 315: Guantes industriales

Fuente: http://www.calzadosyzapatos.com/

29.9.4.2.Orejeras.Están formadas por un arnés de cabeza de metal o de plástico que sujeta dos casquetes hechos de plástico. Tiene como función proteger del sonido.

Figura 316: Orejeras

Fuente: http://www.duerto.com/

29.9.4.3. Tapones o protectores auditivos.Se introducen en el canal auditivo, se deben lavar cada tres días ya que el tapón puede contener microorganismos y causar infecciones a los oídos. Los tapones deben ajustarse adecuadamente para aumentar la efectividad del mismo.

Figura 317: Tapones auditivos

Fuente: http://www.duerto.com/

29.9.4.4. Mascarillas con filtro.Su función es purificar la atmósfera contaminada para convertirla en respirable. Para eliminar los gases y vapores tóxicos se emplean productos químicos apropiados y las sustancias en forma de partículas se remueven mediante filtros mecánicos. También hay respiradores que suministran aire

Figura 318: Mascarillas industriales

Fuente: http://bloganvela.com/

29.9.4.5. Lentes o gafas antiempañables.Protegen contra impactos de partículas volantes, salpicaduras de líquidos perjudicales y calor radiante. Los lentes de protección pueden ser universales que son aquellos que poseen patillas para sostenerlos o los de montura integral que encierran toda la región orbital y tienen contacto con el rostro.

Figura 319: Gafas universales

Fuente: http://bloganvela.com/

Figura 320: Gafas de montura integral

Fuente: http://www.comaudi.com/

29.9.4.6. Pantallas de protección.Las pantallas de protección protegen la cara en su totalidad. No son necesarias en el aserradero pero podrían ser útiles.

Figura 321: Pantallas de protección

Fuente: http://www.treballo.com/

29.9.4.7. Botas industriales.Los zapatos y botas de seguridad protegen contra golpes y caída de objetos, penetración de objetos, resbalones, contacto eléctrico, productos químicos, agua, etc., pueden llevar refuerzo de acero en la punta o suela con material aislante.

Figura 322: Botas industriales

Fuente: http://distribuidoraindustrialgodoy.blogspot.com/

29.9.4.8. Gabachas.Se utilizan para proteger todo el cuerpo de químicos, aceites, viruta, etc.

Figura 323: Gabachas industriales

Fuente: http://www.enfoqueindustrial.net/

30. TRANSPORTE DE ASERRADERO A FÁBRICA

El INAB junto con el Sector Público Agrícola, construyó un "Reglamento de Transporte de Productos Forestales" en el cual se asignan leyes sobre el transporte de la materia forestal. (Reglamento de Transporte de Productos Forestales, 2004)

30.1. Inspección durante el transporte

El objetivo de éste es regular los documentos de transporte y verificar la procedencia de los Productos Forestales dentro del territorio Nacional; exceptuando los productos forestales que provienen de áreas protegidas. (Reglamento de Transporte de Productos Forestales, 2004)

DIPRONA (División de Protección a la Naturaleza) con el apoyo del INAB, se dedica a patrullar en áreas protegidas y no protegidas, conteniendo: (DIPRONA, 2010)

- ✓ Patrullaje terrestre
- ✓ Patrullaje acuático
- ✓ Operación por aire
- ✓ Operación en carreteras

Figura 324: Patrullaje por aire de DIPRONA

Fuente: Presentación Academia DIPRONA, 2010

30. 2. Consumos familiares

Se divide, según la Ley Forestal, las siguientes medidas:

- Menor a 153 m^3 por año, por finca, por familia: CONSUMO FAMILIAR
- Mayor a 153 m^3 por año, por finca, por familia: CONSUMO NO FAMILIAR (DIPRONA, 2010)

El consumo familiar debe de presentar solamente un Documento de Consumo Familiar como documento, el cual es otorgado por las oficinas de Gestión Ambiental Municipal. El consumo NO familiar, debe de presentar los documentos listados siguientes. (Ley Forestal, 1996)

30. 3. Documentos

Si usted transporta material forestal de un aserradero a una fábrica de agregación de valor, los documentos que debe de tener son los siguientes: (DIPRONA, 2010)

30. 3. 1. Licencia de Conducir.

Ésta debe ser propia del piloto y debe de estar vigente. No debe de tener ninguna modificación.

Figura 325: Ejemplo de Licencia de Conducir

Fuente: Presentación Academia DIPRONA, 2010

30. 3. 2. Tarjeta de Circulación. Debe de ser propia del medio de transporte que se está utilizando. Se debe de tomar en cuenta también la "Calcomanía de Impuesto de Circulación de Vehículos" del año actual. El transporte puede ser desde un camión hasta un carro pequeño.

Figura 326: Ejemplo de Tarjeta de Circulación

Fuente: Presentación Academia DIPRONA, 2010

30. 3. 3. Nota de envío de empresa. Según el "Reglamento de Transporte de Productos Forestales", un documento en el cual ampara los productos forestales que provienen de lugar de transformación de productos forestales. Esta Nota de Envío se emite en un triplicado (tres hojas de copia).

1. El original es el único documento que ampara la procedencia de los productos forestales autorizados por el INAB, durante el transporte y en el lugar de destino, el cual deberá acompañar en todo momento al producto forestal.
2. El duplicado es para el uso de los usuarios. ***
3. El triplicado es para agregar a los informes que los Regentes Forestales o Usuarios deberán presentar al INAB. ***

*** El duplicado y el triplicado, son de naturaleza administrativa y NO es obligatorio que acompañen al original.

La nota de envío tendrá la siguiente información:

- ✓ Razón Social, Número de Identificación Tributaria (NIT), domicilio fiscal y número de teléfono de la empresa.

- ✓ Dirección del lugar de transformación o comercialización de los Productos Forestales
- ✓ Número correlativo del documento.
- ✓ Número de inscripción ante el Registro Nacional Forestal
- ✓ Fecha de salida de los Productos Forestales de la empresa
- ✓ Cantidad y descripción de los Productos Forestales a transportar
- ✓ Número de placas de circulación del vehículo que transporta los Productos Forestales
- ✓ Nombre y firma del conductor
- ✓ Lugar de destino final de los Productos Forestales
- ✓ Firma y sello del responsable de la entidad (empresa) que lo envía. (Reglamento de Transporte de Productos Forestales, 2004)

Según el Artículo 9 del "Reglamento de Transporte de Productos Forestales" (2004), las Notas de Envío de empresa serán emitidas por la empresa (en este capítulo se refiere al Aserradero), cumpliendo con el requisito de estar debidamente inscritas en el Registro Nacional Forestal y manteniendo su informe periódicamente.

30. 3. 3. 1. Razonamientos. Se razonan las notas de envío para que evitar el re-uso de las mismas. Este razonamiento se realiza en la parte trasera de las notas, conteniendo la fecha, hora, unidad y ruta que ha verificado los documentos. (DIPRONA, 2010)

30. 3. 4. Facturas. Facturación correlativa con la empresa que envía el Producto Forestal. (Ley Forestal, 1996)

30. 4. Control de ingresos y egresos de las empresas forestales

Según el Artículo 13 del "Reglamento de Transporte de Productos Forestales" (2004), toda empresa deberá de llevar el debido control de ingreso y egreso de Productos Forestales, por medio de Notas de Envío, libros u hojas móviles autorizadas por el INAB.

Estos documentos deberán ponerse a la vista de las autoridades competentes al momento de serles requeridos.

30. 5. Alteración de documentos

No se tendrá validez como documento de transporte y verificación de procedencia de Productos Forestales aquellos documentos en los que se hubiere omitido o alterado cualquiera de los requisitos e informaciones que se requieren como documentos a presentar cuando se transporta Productos Forestales.

De esto se exceptúa la firma, sello y fecha de recibido por el destinatario final de los Productos Forestales, los cuales deberán de ser llenados al momento de recibir el producto. (Reglamento de Transporte de Productos Forestales, 2004)

30. 6. Incumplimientos

Se considera como un incumplimiento del "Reglamento de Transporte de Productos Forestales" (2004) los siguientes casos:

- ✓ Quien se exhiba o niegue a exhibir el original de Nota de Envío que acompaña al Producto Forestal
- ✓ Quien altere o inserte datos en las Notas de Envío
- ✓ La empresa que no firme y no selle la Nota de Envío al momento de recibir los Productos Forestales o se niegue a hacerlo

En estos tres casos mencionados anteriormente, se tendrá por no amparada la procedencia lícita de los productos forestales. Todo producto decomisado es enviado directamente al INAB. (Ley Forestal, 1996)

30. 7. Horarios de Circulación de Transporte Pesado

Según el Artículo 9 del Reglamento de Tránsito (1998), Acuerdo Gubernativo número 273-98, un vehículo puede ser tomado como:

- ✓ *Transporte pesado* (contiene más de 3.5 toneladas métricas de peso bruto máximo. Como por ejemplo: autobuses, camiones, remolcadores, cabezales, etc.)
- ✓ *Transporte ligero* (contiene menos de 3.5 toneladas métricas de peso bruto máximo).

El transporte liviano no tiene horario estipulado, ya que según la Municipalidad de Guatemala, puede transportarse a las horas deseadas.

Al contrario, el transporte pesado, conforme la clasificación que determina el Artículo 9 y 85 del Reglamento de Tránsito, Acuerdo Gubernativo número 273-98, se tiene una restricción de circulación, con el objetivo de buscar el bien común y atender el ordenamiento territorial y flujo vehicular. Este horario, según el Reglamento de Tránsito, se restringe de lunes a viernes, de 5:30 a.m. a 9 a.m. y de 16:30 a 20:30 horas. (Reglamento de Tránsito, 1998)

Figura 327: Transporte pesado

Fuente: Presentación Academia DIPRONA, 2010

31. PROCESOS PARA LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS CON VALOR AGREGADO

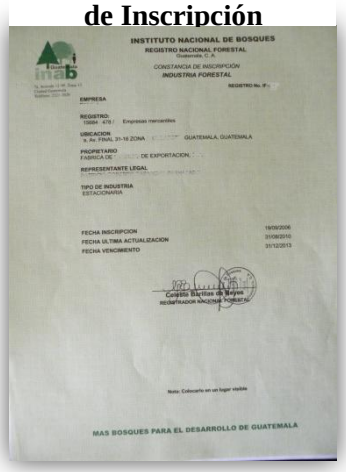
En este capítulo, se estudiarán todas las variables más importantes en el proceso para la elaboración de productos forestales con valor agregado.

31.1. Forma parte de la industria forestal en Guatemala

Según el reglamento del INAB (2011), como primer paso, no importando a que se dedique la empresa que le dará valor agregado a la madera ya procesada después del aserrío, se tienen que tener los siguientes requisitos para formar parte de la Industria Forestal en Guatemala. Para poder tener todos estos requisitos, se debe tener una empresa formal y presentar lo siguiente:

- ✓ Llenar debidamente el formulario, que se encuentra en el Apéndice "Capítulo 31".
- ✓ Llevar todos los documentos allí listados:
    - Informe técnico que será practicado de oficio por orden de la Dirección Regional o Subregional correspondiente
    - Fotocopia de la patente de comercio autenticada con la especificación clara del objeto del negocio como actividad forestal, dirección exacta del sitio de funcionamiento; si es sucursal debe contar con su propia patente de comercio
    - Fotocopia del carné del NIT;
    - Fotocopia de la Cédula de Vecindad del propietario o representante legal de la empresa, en su caso, con fotocopia de su respectivo nombramiento. (INAB, 2011)

Figura 328:
Ejemplo de Constancia de Inscripción



Fuente: Elaboración propia, 2011

31.2. El producto obtenido de la madera

El producto de madera es el resultado final de un diseño gráfico, bajo especificaciones y requerimientos de calidad. Hay algunos productos de madera, que necesitan instalación en obra (gabinetes de cocina, puertas, ventanas, closet, muebles para baño, etc.) y otros que son de entrega inmediata (mesas, sillas, recamaras, trinchantes, roperos, etc.).

Como producto de madera se define el resultado de la transformación de ésta, con los insumos necesarios, mediante el uso de máquinas y herramientas, manejadas por operarios competentes en carpintería, esto es, muebles, puertas y ventanas, artículos decorativos y productos de madera. (INTECAP, 2005)

Algunas empresas se dedican a fabricar productos especiales y otras fabrican solamente uno o dos productos en línea, independientemente de cuál sea su especialidad, se mencionan los siguientes tipos de productos: (Porras, 2011)

31.2.1. Amueblados.

Amueblado es un conjunto de muebles que forman un ambiente (comedor, dormitorio, salas y oficinas), cada uno cumple una función principal y sin uno de los elementos, deja de ser amueblado.

Tabla 95: Ejemplos de amueblados

Juegos de comedor	Recámara	Trinchantes	Muebles para oficina
•Son juegos de sillas que acompañan a una mesa. La cantidad de las sillas depende del tamaño de la mesa, según los requerimientos del cliente. En el mercado se encuentran juegos de comedor con 4, 6, 8, 10, 12 o más sillas.	•Como recámara, se le conoce al juego de muebles que constituyen un dormitorio, por lo general se compone de: cabecera, piecera, mesas de noche y gaveteros.	•Los trinchantes son muebles individuales elaborados de madera sólida, algunos fabricantes utilizan material estratificado en partes no expuestas a la vista. Sus dimensiones normalmente varían entre 1.5m y 2.5m de ancho, por 1.8 m de alto.	•Existe una variedad de muebles que son especiales para oficina, como por ejemplo escritorios, libreros o archivos. En la actualidad el mercado se inclina por el uso de muebles elaborados de material estratificado o con placas de viruta.

Fuente: Elaboración propia con base INTECAP, 2005

31.2.2. Módulos fijos. Son juegos de módulos que van unidos entre sí por medio de tonillos, fijos a las paredes con tornillos y escuadras de metal. Los más comunes son gabinetes de cocina, closets y muebles para baño. (Porras, 2011)

Tabla 96: Ejemplo módulos fijos

Gabinetes de cocina	Closets	Módulos de baño	Puertas	Ventanas
• Los gabinetes de cocina, llevan módulos aéreos y bases. En los módulos aéreos, están considerados los espacios para hornos de microondas, tostadores,etc. En los módulos base, se consideran espacios para estufas, refrigeradores y lavatrastos. Sobre los módulos base, se coloca un TOP elaborado de aglomerado natural y fórmica o mármol.	• Los closets, son módulos de entrepaños de madera o material estratificado, diseñados especialmente para guardar ropa. Además de los módulos de entrepaño, tienen espacios para colgaderos de ropa y guarda valijas.	• Son muebles diseñados exclusivamente para guardar accesorios para baño, como jabones, toallas, etc., pero también ayudan a ocultar las instalaciones de plomería, las cuales no tienen buena presentación. Estos muebles también van atornillados a las paredes y la tapa tiene un vaciado en el que se coloca el ovalín o lavamanos.	• Por lo general son fabricadas para su posterior instalación en una obra determinada. Las puertas sirven de paso entre los ambientes de una casa y de seguridad en las puertas principales.	• Son productos de madera que permiten el paso de la luz solar y ventilación hacia un ambiente de una casa, vea figura 40. Las ventanas según su diseño, sirven para decorar la casa. Hay distintos tipos de ventanas: de medio punto, de persianas, basculantes, corredizas y colgantes.

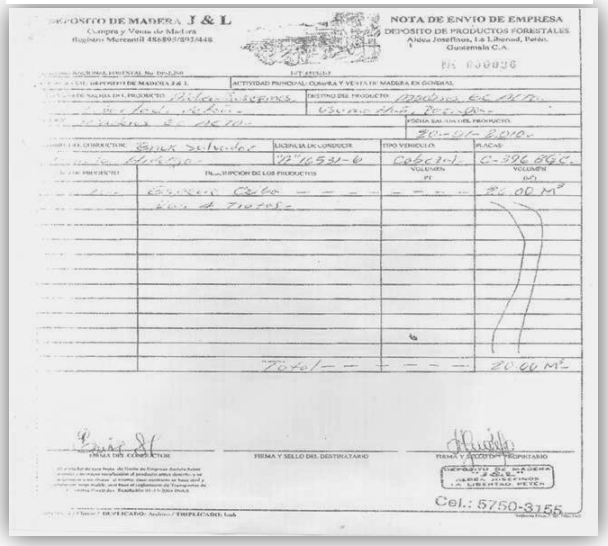
Fuente: Elaboración Propia con base INTECAP, 2005

31.3. Documentar ingreso de la madera según requerimientos del INAB

Cuando una empresa de elaboración de productos con valor agregado, ingresa madera a su empresa, debe cumplir con los siguientes papeles:

- ✓ *Nota de envío de empresa*: en este caso es una nota del aserradero donde se trató la madera. La información que contiene la Nota, provee información, como por ejemplo de donde proviene el producto y demás especificaciones.

Figura 329: Ejemplo de Nota de Envío de empresa



Fuente: Elaboración Propia 2010

- ✓ *Factura*: facturación de la compra-venta de la madera. (INAB, 2011)

31.4. Hoja de ruta (Orden de trabajo)

Antes de realizar una operación en determinada parte del proceso de elaboración de muebles, es recomendable que revise detalladamente las especificaciones contenidas en una hoja de ruta u orden de trabajo, para obtener un producto satisfactorio y con los parámetros definidos. (Porras, 2011)

31.4.1. Definición de hoja de ruta.

La hoja de ruta es un formato para control, que involucra a los diferentes procesos, así como la identificación de los trabajadores y la maquinaria que se utilizará para realizar determinado producto; esto se hace con la finalidad de obtener un trabajo eficiente por parte del trabajador, evitar holguras en las máquinas, optimizar y cuantificar los materiales.

También se le llama orden de trabajo u hoja de proceso y contiene especificaciones de las operaciones que deben realizarse sobre las piezas que forman un mueble, con el fin de llevar un orden durante todo el recorrido. (INTECAP, 2005)

31.4.2. Función y estructura de la hoja de ruta. Normalmente las órdenes de trabajo se realizan para cada pieza, por muy pequeña que sea. Su función es facilitar información, al operador de la máquina donde se realizará una operación determinada y al supervisor de producción, para llevar el control de avance del proceso, mediante los pasos que deben seguirse, según la secuencia de operaciones necesarias para completar la pieza. Su estructura consta de:

Tabla 97: Estructura de la hoja de una ruta

Fuente: Elaboración propia con base en INTECAP, 2005

El modelo de hoja de ruta siguiente, está elaborado para llevar a cabo el proceso de elaboración de la pata de una mesa, por lo tanto las dimensiones son específicas para dicha pieza. Las dimensiones, especificaciones y diseño, varían para según el producto. (INTECAP, 2005)

Figura 330: Ejemplo de hoja de ruta

No. 1	HOJA DE RUTA				CODIGO DE LA PIEZA: 01
PRODUCTO	MESA DE CENTRO			CANTIDAD DE MUEBLES	5
PIEZA	PATA			FECHA INICIO	00/00/00
ESPECIE	CEDRO			FECHA FINAL	00/00/00
MEDIDAS	LARGO (cm.)	ANCHO (cm.)	GRUESO (cm.)	PIEZAS POR MUEBLE	4
BASTO	46	9	9	PIEZAS A PRODUCIR	20
NETO	44	8	8		
PASOS	OPERACIONES			OPERARIO	FECHA
1	DESPUNTAR CON MEDIDAS BASTAS				
2	DESORILLAR CON MEDIDAS BASTAS				
3	CANTEAR Y REGRUESAR				
4	ESCUADRAR				
5	ESCOPLEAR				
6	LIJAR				
DISEÑO					

Fuente: INTECAP, 2005

31.5. Diseño de línea de producción según el producto requerido

A continuación, se indica una línea de producción con su descripción paso a paso:

Gráfica 6: Línea de producción

Fuente: Elaboración propia con base en Porras, 2011

Esta línea de producción descrita a continuación, es a amplio aspecto, tomando en cuenta que no importando el producto final, se siguen los siguientes pasos de manufactura:

- ✓ Se recibe la madera y se cubica comparando lo que entregaron con lo que se tenía pedido (comparación de la nota de envío de empresa contra lo que entregan). Dependiendo de esta comparación, se castiga la madera que no se entrega como se ordenó.

Figura 331: Madera recibida

Fuente: Elaboración propia, 2010

- ✓ Se clasifica según los tamaños: que servirá para que tipo de mueble. Es importante que cada empresa sepa la cuantificación de madera que necesita para la realización de los productos (cuantos pies tablares necesito para realizar cierto producto de valor agregado).
- ✓ La madera se sumerge en agua y se deja secar al aire en forma apolinada (separada cada tabla de madera como forma de pallets para que se pueda circular la cantidad de aire necesaria).

Figura 332: Madera apolinada

Fuente: Elaboración propia, 2010

- ✓ De esta misma forma, se ingresa al horno para obtener el nivel de humedad que se necesita. (Porras, 2011)

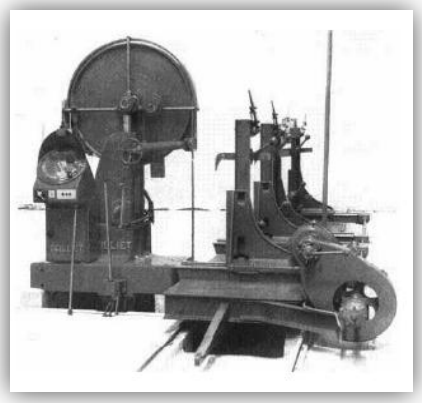
Figura 333: Madera siendo ingresada al horno

Fuente: http://www.woodmizer.es

- ✓ Luego, se hace la orden de producción y se manda a la línea de producción. En esta, se incluyen la mayoría de herramientas de aplicación general:

  - **Sierra de cinta:** Las sierras son máquinas utilizadas para realizar la segunda transformación o segundo paso (el primero se da en el aserradero de donde proviene la madera). Por lo regular estas máquinas son estacionarias, debido a su gran capacidad. La sierra de cinta es una máquina que utiliza hojas de sierramuy anchas que van desde 15 a 20 cm. y poleas de hasta de un metro de diámetro. Vienen provistas de un carro guía que utiliza garras de aceropara sujetar las tablas de madera y mediante los cojinetes que se deslizan por los rieles, las tablas son transportadas hasta el punto de corte. (INTECAP, 2005)

Figura 334: Sierra de cinta



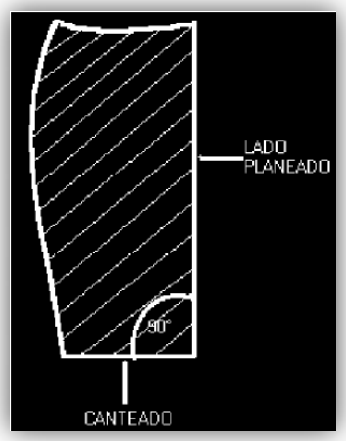
Fuente: INTECAP, 2005

- **Canteadora:** Cuando las piezas están cortadas en forma longitudinal aun tienen cierta tolerancia en las medidas y sus cantos, no forman 90 grados con respecto al lado de la pieza de madera, por lo tanto es necesario planearlas y cantearlas para luego regruesarlas. Esta operación de planeado y canteado, utiliza varias técnicas y procedimientos. El canteado, es separar las fibras de madera por medio del arranque de viruta, dejando un lado parejo, a través de cuchillas anchas bien afiladas, dejando una cara y un canto parejos y a escuadra (90 grados). El canteado, es aplicable en piezas que requieren diferente ángulo, con respecto al lado. Para dejar dos lados de una pieza planeadas y canteadas, se utilizan dos métodos que son:

  - ✓ Manual: es arrancar la viruta en piezas de madera para trabajos en forma artesanal, utilizando herramienta manual. La característica principal es que en este tipo de canteado, se obtienen superficies no muy parejas, sin embargo mediante la práctica y utilizando más tiempo, se logra obtener la superficie deseada.

  - ✓ Mecánico: es arrancar la viruta en las piezas de madera, para trabajos de tipo industrial. El canteado con máquina, se utiliza en empresas fabricantes de muebles de madera, para incrementar el volumen de producción en el canteado de las piezas, este tipo de canteado utiliza máquinaria eléctrica, con un árbol porta cuchillas para arrancar la viruta rápidamente y en forma uniforme. A diferencia del canteado manual, aquí se conducen las piezas sobre la mesa de la máquina. La característica principal es que con pocas pasadas, se obtiene la superficie deseada.

Figura 335: Ejemplo de canteado



Fuente: INTECAP, 2005

- **Regruesadora:** Es la operación que se lleva a cabo después que las piezas estén planeadas y canteadas, debido a que se necesita tener por lo menos un lado parejo de la pieza a regruesar, esto también ayuda a que las dimensiones finales de la pieza sean las requeridas para cada mueble. El resguardado es darle el grosor final a la pieza de madera, mediante el arranque de viruta, a través del uso de cuchillas que giran grandes revoluciones. El regruesado es desbastar las partes no uniformes de la pieza que tienen un lado planeado, de tal manera que los cuatro cantos de la pieza tengan el mismo grosor. Para lograr que las piezas de madera para muebles, tengan el mismo grosor, existen dos tipos de regruesado que son:

  - ✓ Manual: Generalmente se realiza en los talleres artesanales, cuando no se tiene acceso a una máquina regruesadora. En este caso, el trabajo se hace manualmente sobre la pieza de madera, utilizando herramienta de tipo manual, donde se requiere mucha habilidad para el manejo de la misma. Según las fibras de la madera, así será el trabajo requerido, generalmente se hace de forma trasversal.

  - ✓ Mecánico: este tipo de regruesado se hace utilizando máquinaria industrial. Generalmente para cepillar grandes cantidades de madera. La característica principal del regruesado con máquina, es que se utiliza menos tiempo para regruesar y se obtiene una superficie mejor cepillada.

Figura 336: Máquina regruesado

Fuente: INTECAP, 2005

- **Escuadradora:** El escuadrado es el proceso de corte a escuadra, uno de los procesos más importantes en la etapa de corte y escuadrado de piezas de madera. Las piezas pueden estar pre cortadas, canteadas y regruesadas, pero las dimensiones de ancho y largo aún no han sido definidas, y en esta parte de la línea de producción se aplica el escuadrado. Escuadrar es eliminar los excedentes de madera, que se han considerado en la unidad de corte longitudinal y transversal con respecto al ancho y largo respectivamente, por medio de la separación de las fibras con sierras de corte fino. El escuadrado, se puede realizar de muchas formas, incluso manualmente, utilizando serruchos y cepillos manuales. (INTECAP, 2005)

Figura 337: Máquina

Fuente: http://www.elkor.org

✓ Luego, después de realizar todas las piezas, pasan éstas al departamento de armado: en donde se unen finalmente las piezas para producir, en sí, el producto final de valor agregado.

Figura 338: Departamento de armado

Fuente: Elaboración propia, 2010

- **Lijado:** Es el proceso final de la preparación de las piezas de madera. Al aplicar el lijado a las piezas de madera, éstas quedan listas para ser pintadas o barnizadas. Lijar las piezas es afinar la superficie de la madera, mediante el uso de un agente abrasivo que desprende diminutas virutas y partículas de las superficies de madera, quedando libres de suciedad y listas para aplicar cualquier tipo de acabado superficial. De la misma manera que en el cepillado, el lijado debe realizarse en el sentido de la veta de la madera, especialmente en las últimas pasadas donde ya se utilizan lijas mucho más finas.

  Su función, es dejar la superficie pareja y libre de rayones u otros defectos que pudieron haber quedado sobre la superficie en los procesos anteriores, como mejorar la adherencia o agarre del acabado superficial en la capa de fondo, asegurando una mejor penetración del mismo.

Figura 339: Lijadora

Fuente: http://www.bricolajecasero.com

- **Barniz:** después de estar lista la madera, se le agrega el barniz como acabado final. El barniz es un tipo de disolución de distintas sustancias resinosas en un disolvente que se volatiliza o se deseca al aire con facilidad, dando como resultado una capa o película. Se usa para proteger la superficie del producto de valor agregado. Existen barnices de origen natural, en general derivados de las resinas y aceites esenciales de plantas, y sintéticos de formulación moderna. (INTECAP, 2005)

Figura 340: Barniz

Fuente: http://www.decorahoy.com

- ✓ Como siguiente punto, se colocan los herrajes a los productos de valor agregado. Como herraje se conocen los distintos accesorios que se le pueden agregar a un artículo de valor agregado, como por ejemplo las manijas para una puerta, bisagras en una ventana, vidrio en un mueble, luz en un trinchante, tapizado en un mueble, etc. (INTECAP, 2006)

Figura 341: Ejemplo de herrajes

Fuente: http://www.swg.de

- ✓ Por último, se debe llevar el producto de valor agregado al departamento de empaque, en el cuál se le brinda el respectivo envoltorio para su correcta conservación y cuidado. (INTECAP, 2006)
- ✓ El transporte y entrega son parte importante del proceso de la línea de producción. En este último paso, se entrega el producto al consumidor final. En algunas empresas, se subdivide esta etapa en dos:
  - o Entrega solamente: Solamente se entrega el producto al consumidor.

- Entrega con instalación: Se instala el producto en el preciso lugar en donde el consumidor lo desee. Existen algunas empresas que cobran extra por este servicio, otras que no.

Figura 342: Mueble empacado listo para transporte

Fuente: Elaboración propia, 2010

31.6. Cuantificación y clasificación de la madera

Después de la obtención de la madera aserrada, las tablas son clasificadas para poder ser utilizadas para producir el producto de valor agregado. Es importante sabe la cuantificación de la madera recibida (cuantos pies tablares se están recibiendo) y comparar este número con lo que se tenía especificado como orden de compra.

Figura 343: Madera almacenada

Fuente: Elaboración propia, 2010

A continuación, los distintos rubros, que según el Manual Técnico del INTECAP (2005), en los que se puede clasificar la madera que entra a la empresa. Estas clasificaciones no están normadas por ninguna entidad, sin embargo son muy útiles para el manejo interno de la madera.

Durante la etapa de clasificación de tablas, se aplican ciertos criterios que definen la calidad de madera aserrada. Los criterios o parámetros de calidad, varían según las políticas de cada empresa. Los criterios comunes que se utilizan son el tamaño, espesor, defectos y estructura de la madera.

31.6.1. Clasificación según el tamaño. Aplica en las tablas cuya longitud y ancho varían significativamente, que son resultado de la madera extraída de las trozas principales y de ramas gruesas de los árboles. Existe madera corta y madera larga. La madera corta comprende desde 4 a 8 pies de largo y la madera larga de 8 a 14 pies o más. La madera angosta comprende desde 4 a 12 pulgadas de ancho y la madera ancha de 12 a 20 pulgadas o más.

Figura 344: Tamaño de la madera

Fuente: Elaboración propia, 2010

31.6.2. Clasificación según el espesor. Este criterio se utiliza para diferenciar los cuartones, tablones y tablas, que han sido obtenidos en el aserrado de trozas. Este criterio de clasificación es muy importante para apilar madera durante el secamiento, mantiene la uniformidad y permite hacer mediciones de humedad más precisas.

Figura 345: Distintos espesores

Fuente: Elaboración propia, 2010

31.6.3. Clasificación según los defectos. Los defectos que se toman en cuenta durante la clasificación de las tablas son:

- ✓ Nudos muertos: Son ocasionados por tejidos muertos, los cuales se desprenden con facilidad de las tablas, dejando el orificio donde fueron originados. También hay nudos vivos, pero para efectos de clasificación de tablas son más aceptables.

Figura 346: Nudos en la madera

Fuente: Elaboración propia, 2010

- ✓ Mancha azul: Se da con mayor facilidad en maderas de color claro, estas manchas son originadas por el apilado de la madera, sin utilizar polines de separación o por no remover las tablas periódicamente. También se originan por una alta concentración de químicos durante el curado de las tablas.
- ✓ Rajaduras: Este defecto surge, generalmente cuando la tabla es obtenida a la mitad de la troza donde la médula queda justo al centro y al exponerse al aire, sus poros se abren y se agrieta a la mitad.

- ✓ Escamas: Es un defecto que surge después del secado artificial de la madera, se produce generalmente en la madera de pino, debido a su estructura. La apariencia de este defecto es como la escama de pescado.

Figura 347: Escamas por pintura

Fuente: http://es.123rf.com

31.6.4. Clasificación según la estructura. Cuando se observa este criterio durante la clasificación de las tablas, normalmente se identifica el lado derecho e izquierdo de las mismas, el alabeo o pandeo.

La estructura de las tablas se puede diferenciar por su peso, una tabla pesada es más compacta que una liviana. Las tablas que no pesan mucho en comparación con otra del mismo tamaño y de la misma especie, son muy frágiles.

Figura 348: Estructuras

La madera clasificada se divide en: de primera, segunda y tercera categoría: (Esta clasificación depende de cada empresa y de la calidad en la que se traje y se necesite)

- ✓ Madera de primera categoría: Así se le llama a la madera limpia, ancha, larga y sin defectos, con números no mayores de 1” de diámetro, esto aplica para todas las clases de maderas en su elección.

Fuente: Elaboración propia, 2010

- ✓ Madera de segunda categoría: Esta clase de madera puede pertenecer a la especie anterior, pero presenta algunos defectos, sin embargo es utilizable en un 75 %.

- ✓ Madera de tercera categoría: Es utilizada para la fabricación de muebles de baja calidad, tiene muchos defectos como rajaduras, nudos muertos y manchas. (INTECAP, 2005)

31.7. Medición de humedad

Tener una correcta medición de humedad de las tablas que ingresan a la empresa de elaboración de productos con valor agregado, es muy importante y tiene un efecto directo sobre el trabajo final. La medición de humedad es útil para poder saber el porcentaje de humedad que contiene la pieza y que tanto se tiene que tratar para bajar este porcentaje de humedad. El porcentaje de humedad que debe tener una tabla de madera para poder trabajarla en la elaboración de productos con valor agregado es del 12%, pero la mayoría de empresas desean un 8% para estabilizar dicha tabla y trabajar con mayor facilidad. (Porras, 2011)

Figura 349: Medidor de humedad

El instrumento para medir la humedad de la madera es un aparato electrónico, que contiene un control digital y dos puntas de metal que funcionan como cátodo y ánodo, por medio de las cuales se acciona una aguja indicadora. Se debe calibrar el contador electrónico, antes de medir la humedad de la madera y se debe tomar en cuenta las mediciones en la testa de la tabla y en medio de la misma, para evitar errores de medición. (INTECAP, 2005)

Fuente: INTECAP, 2005.

Los errores de medición de humedad, surgen por las causas siguientes:

Tabla 98: Causas de errores de medición de humedad

Falta de calibrado y comprobación de los instrumentos	Uso no adecuado de los instrumentos	Lectura equivocada de la escala de medición	Actitud incorrecta al momento de tomar la medición

Fuente: Elaboración propia con base en INTECAP, 2005

31.8. Afilado y mantenimiento de las máquinas de valor agregado

No importa que máquina sea ni el tamaño de ella, siempre es importante que las cuchillas, sierras y limas estén con un correcto mantenimiento y el afilado. En sí, el afilado es el limado que se realiza en los dientes de una sierra o serrucho o esmerilado que se hace a las cuchillas de los cepillos. (Porras, 2011)

31.8.1. Técnicas de afilado manual.

Toda persona que trabaje en el ámbito de agregación de valor a productos forestales, debe identificar el momento preciso para afilar sus sierras manuales y cuchillas de cepillos manuales, esto con la finalidad de obtener un trabajo de calidad sobre la madera o para extender el tiempo de vida útil de las herramientas.

31.8.1.1. Proceso de ejecución.

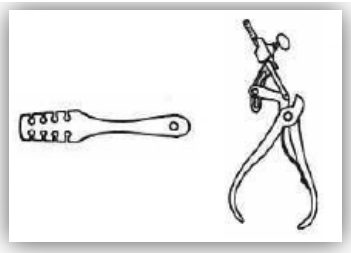
Para afilar sierras y cuchillas, puede utilizar varias técnicas de limado, esmerilado y asentado, según la herramienta y el tamaño de la cuchilla. Tomando en cuenta que las cuchillas de cepillo manual, deben ser esmeriladas o asentadas frecuentemente. (INTECAP, 2005)

31.8.1.2. Afilado de sierras.

Para el afilado de las sierras, es necesario que realice los siguientes pasos:

1) Verifique que los dientes de sierra, estén a la misma altura, utilizando una regla plástica o de madera, pero nuca de metal porque lastimaría el filo de algunos dientes más altos que otros. Utilice una lima plana, para rectificar los dientes sujetando la sierra en un dispositivo especial y en la prensa del banco de trabajo.
2) Realice el triscado de las sierras, utilizando un triscador de una sola pieza o de pistola, este triscado debe quedar lo más uniforme posible, para facilitar la operación de limado.

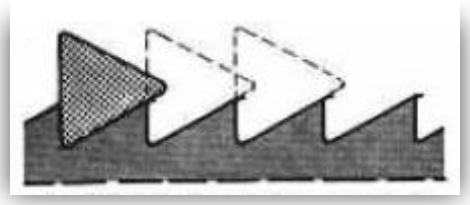
Figura 350: Triscado de una sola pieza y de pistola



Fuente: INTECAP, 2005

3) Utilice una lima con cantos redondos para afilar las sierras triscadas, para evitar que el fondo del diente quede recto y con él se produzcan rajaduras que debilitan la hoja de la sierra. (Junta del Acuerdo de Cartagena, 1989)

Figura 351: Dirección del limado

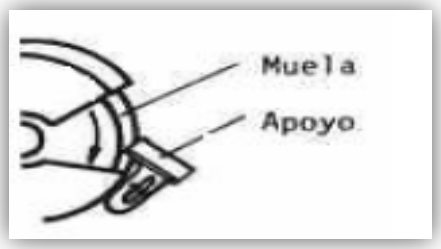


Fuente: INTECAP, 2005

31.8.1.3. Afilado de cuchillas. Para el afilado de cuchillas, es necesario realizar los siguientes pasos:

1) Esmerile la cuchilla tomando como referencia el ángulo original de la herramienta, esto le servirá para graduar el apoyo para la herramienta.
2) Realice movimientos de izquierda a derecha, con respecto al canto de la muela del esmeril, revisando que toda la mesa de la cuchilla, tenga contacto con la muela de esmeril.

Figura 352: Vista lateral de la muela del esmeril



Fuente: INTECAP, 2005

3) Utilice una plantilla con el ángulo de 25 o 30 grados para verificar el ángulo de filo, durante el esmerilado.
4) Cuando la mesa de la cuchilla forme una sola cara, proceda a asentar la cuchilla, realizando movimientos de ida y venida, manteniendo el ángulo con respecto a la piedra.

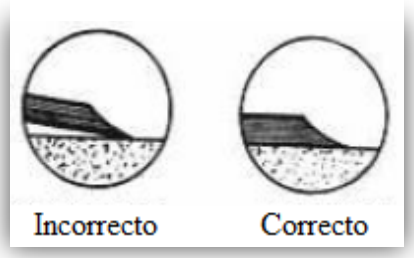
5) Asiente la cuchilla, por el lado del espejo, haciendo movimientos circulares de adentro hacia afuera y sin levantar la cuchilla, para evitar golpearse los dedos.

Figura 353:
Asentado en forma

Fuente: INTECAP, 2005

6) La siguiente figuramuestra la forma correcta e incorrecta de asentar las cuchillas de los cepillos. (INTECAP, 2005)

Figura 354:
Asentamiento de cuchillas



Fuente: INTECAP, 2005

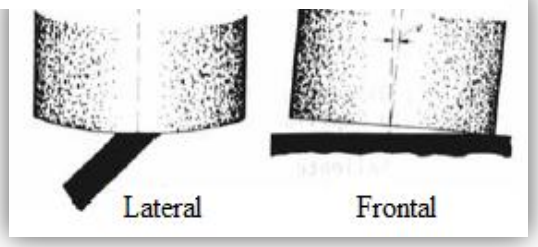
31.8.2. Afilado de cuchillas de canteadora. La canteadora es una máquina muy importante para darle los ángulos precisos de 90 grados a las tablas de madera, y por lo tanto forma parte imprescindible de la agregación de valor al sector forestal. Por lo tanto, se debe tomar en cuenta el afilado de las cuchillas que esta máquina utiliza.

Para afilar las cuchillas de la canteadora es necesario identificar las clases de afilado, la maquinaria para afilado, el desgaste de las cuchillas, el procedimiento de afilado y asentado de las cuchillas. (Porras, 2011)

31.8.2.1. Clases de afilado. El tipo de afilado depende del ángulo de caída de la muela de copa para afilar cuchillas, los cuales son: elíptico o afilado cóncavo y plano o afilado cruzado. (INTECAP, 2005)

31.8.2.1.1. Afilado elíptico. Se efectúa con una muela de copa. El eje de la muela está en la dirección de la marcha de la cabeza para afilar, volteada de 2 a 3 grados. Cuando se desea un afilado cóncavo grande, se agranda el ángulo de caída.

Figura 355: Afilado cóncavo

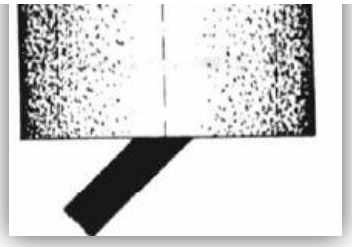


Fuente: INTECAP, 2005

La ventaja que presenta este tipo de afilado es que se puede asentar varias veces la cuchilla, el ángulo de cuña es conservado, la concavidad es constante aun cuando se produce el achicamiento de la muela.

31.8.2.1.2. Afilado plano. Se efectúa con muela de copa sin ángulo de caída. Pero con esto se afilará en contra del bisel y se trabaja solo en una cara de la muela de copa. El ángulo de caída recomendado para la copa de muela, es de 0.5 grados. La aplicación se hace con un dispositivo que afila las cuatro cuchillas simultáneamente. (INTECAP, 2005)

Figura 356: Afilado plano



Fuente: INTECAP, 2005

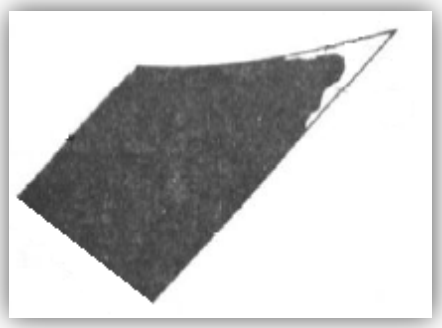
31.8.2.2. Máquina afiladora. Está provista de una bancada pesada con un carro para afilar y un depósito para refrigerante por separado. El agregado de afilado marcha con rodillos de acero rectificados sobre rieles cubiertos con fleje de acero cambiable. A través de ello es la precisión de la marcha y una larga duración garantizada. El acercamiento de la muela de afilar es automático.

Figura 357: Máquina afiladora para cuchillas

Fuente: http://www.elite.cat

31.8.2.3. Desgaste de las cuchillas. Las cuchillas tienen distintos lugares del desgaste, estos serán eliminados por medio de un afilado regular de nuevo, y así conservar el cortante de la cuchilla con capacidad de trabajar. (Porras, 2011)

Figura 358: Cuchilla



Fuente: INTECAP, 2005

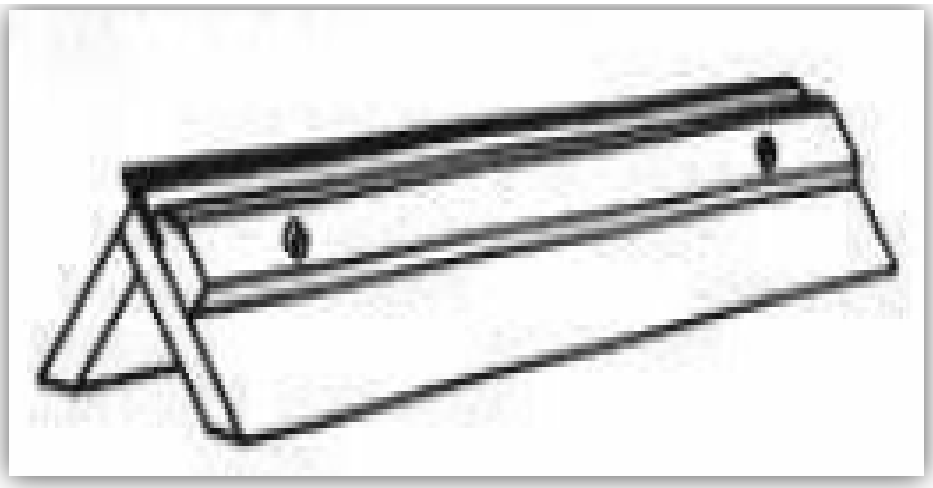
31.8.2.4. Procedimiento de afilado. En el afilado, se diferencia entre ellos dos procedimientos, de acercamiento y profundo.

31.8.2.4.1. Afilado de acercamiento. Es cuando la muela de afilar es acercada según la clase de acero y la dureza de la muela de afilar, en múltiples pasos hasta la obtención del grado de filo deseado de la cuchilla.

31.8.2.4.2. Afilado profundo. Con este procedimiento, se puede afilar las cuchillas, la mayoría de veces con una sola pasada. Esta aplicación es solo para aceros (HSS) y muela de afilar de diamante. El acercamiento de la muela es según el achatamiento del bisel. Para cualquiera de los dos procedimientos de afilado, es recomendable afilar en húmedo, ya que por medio de esto se desvía rápidamente el calor originado y la muela se mantiene abierta. Los líquidos refrigerantes más utilizados son agua con adición de soda, leche de barrenar o medios químicos. El refrigerante debe ser al mismo tiempo protector contra el oxido y no con efecto corrosivo.

31.8.2.5. Asentado de cuchillas. Consiste en quitar la rebaba del afilado pero no con fuerza y eliminar las melladuras finas del afilado. El asentado se realiza solo en la superficie de ataque y levemente en la superficie libre. Debe asentar las cuchillas en forma longitudinal sin movimiento giratorio. (INTECAP, 2005)

Figura 359: Asentado correcto por piedra

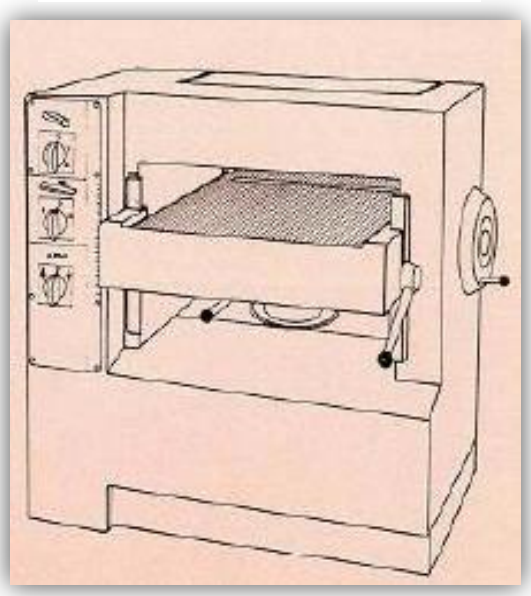


Fuente: INTECAP, 2005

31.8.3. Cambio de cuchillas para máquina regruesadora. El cambio de cuchillas para la máquina regruesadora es simple. Se presenta una breve explicación del cambio de las cuchillas:

- ✓ Desconecte el botón principal
- ✓ Despeje el árbol porta cuchillas
- ✓ Asegure el árbol porta cuchillas contra movimiento de giro
- ✓ Limpie frecuentemente la resina en la ranura del listón de acuñado
- ✓ Limpie las superficies de sujeción
- ✓ Asiente las cuchillas largas con aceite y luego límpielas
- ✓ Coloque la cuchilla
- ✓ Compare el ajuste de los rodillos y el seguro contra rechazos
- ✓ Compruebe el nivel de las cuchillas, utilizando un dispositivo de madera de aproximadamente 150 x 100 x 300 ó 500 milímetros de largo; colocándola encima de la mesa de la máquina y abajo del árbol porta cuchillas. Gire hacia arriba la mesa de la máquina, hasta donde los cortantes de la cuchilla toquen suavemente la pieza de la cuchilla. (INTECAP, 2005)

Figura 360:
Máquina regruesadora



Fuente: INTECAP, 2005

31.8.4. Conservación de las lijas. Generalmente, las lijas son distribuidas por los proveedores, en cajas de cartón según el tipo de grano y material elaborado. Las bandas y fajas de lija vienen en rollos de tamaño considerable, de tal manera que no se quiebren o rajen.

Figura 361: Rollos de lijas

Fuente: http://www.galigrap.com

Una vez que las bandas o fajas de lijas han sido utilizadas, es conveniente que coloque dispositivos de madera, como colgadores de ropa, para mantenerlas, lo más estiradas posibles.Algunas lijas, se embotan con la resina de la madera, sobre todo cuando es pino o ciprés. Este efecto se da cuando se trabaja con madera húmeda, lo cual impide que las partículas se suelten fácilmente.Cuando las lijas están embotadas, se puede recurrir a limpiarlas utilizando keroseno o thinner.

Aplique el líquido y se deje secar al aire libre, para que las partículas de resina se desliguen de las partículas abrasivas de la lija. Luego que esté seca la lija, utilice un cepillo de raíz, para raspar el área embotada. (Jiménez, 2001)

31.8.5. Mantenimiento de ciertas máquinas de valor agregado. Es importante hacer énfasis en el mantenimiento de ciertas máquinas que son vitales para el proceso de valor agregado de la madera, entre las cuales contamos con: (INTECAP, 2005)

31.8.5.1. Mantenimiento de la máquina sierra de cinta. El mantenimiento básico que necesita la sierra de cinta para su correcta utilización, es lo siguiente:

- ✓ Aplique grasa fina en el tonillo de graduación de la sierra incisora.
- ✓ Lubrique los cojinetes de deslizamiento del carro trasversal para obtener un movimiento libre.
- ✓ Revise las fajas periódicamente y vea si están rajadas o desgarradas.
- ✓ Cambie el juego de fajas completo, para evitar malformaciones en el corte por trabajar con fajas disparejas.
- ✓ Compruebe constantemente la cuadratura de la guía transversal con respecto a la sierra. (INTECAP, 2005)

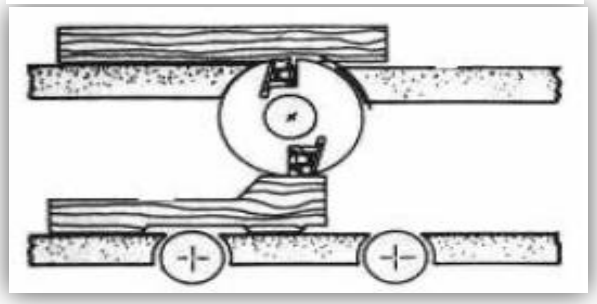
31.8.5.2. Mantenimiento de máquina canteadora. Para obtener un buen funcionamiento de la canteadora durante el manejo, es conveniente que le proporcione mantenimiento básico, lo cual ayuda a conservar los elementos de los que viene provista.

- ✓ Limpie la mesa y la guía longitudinal, para que permitan el fácil movimiento y deslizamiento.
- ✓ Aplique grasa solo en los puntos de engrase, según el plano de engrase del manual del fabricante.
- ✓ Limpie el rompe-virutas del árbol porta cuchillas con keroseno, para eliminar la resina de la madera.
- ✓ Proteja la máquina con una cubierta de plástico, para evitar que la humedad del ambiente genere corrosión y oxidación en las mesas.
- ✓ Limpie la regleta de cuña de las cuchillas con keroseno, para eliminar la resina y así evitar quemaduras durante el canteado.
- ✓ Limpie la abertura de la garlopa con una brocha de cerdas duras, para eliminar el polvo.
- ✓ Proteja la cuchilla de la garlopa, introduciéndola en la caja de la misma.
- ✓ Limpie las llaves utilizadas durante el montaje de las cuchillas, con un trapo humedecido con thinner. (INTECAP, 2005)

31.8.5.3. Mantenimiento de la máquina regruesadora. Durante el regruesado se requiere buen funcionamiento de la regruesadora, por lo tanto, es conveniente que le proporcione mantenimiento básico, lo cual ayuda a conservar los elementos de los que viene provista.

- ✓ Limpie la mesa y aplique unas capas de parafina o cera deslizante, para que permitan el fácil movimiento y deslizamiento de las piezas
- ✓ Pruebe frecuentemente el ajuste de la escala y reajústelo en caso necesario
- ✓ Pruebe la eficiencia y movimiento de la mordaza contra el rechazo
- ✓ Revise las cuchillas largas buscando residuos de resina y compruebe el filo con una pieza de madera
- ✓ Aplique aceite en los ejes movibles para permitir que la mesa baje y suba fácilmente
- ✓ Limpie el área de trabajo al terminar de regruesar
- ✓ Pruebe los rodillos de deslizamiento de tal forma que queden 0.2 milímetros arriba de la mesa

Figura 362: Forma de comprobar los rodillos de deslizamiento



Fuente: INTECAP, 2005

- ✓ Limpie las cuchillas con un trapo limpio antes de colocarlas para eliminar las partículas de aceite que han quedado del asentado.
- ✓ Coloque el juego de cuchillas numeradas adecuadamente, en una caja de madera para no lastimar el filo de las mismas.
- ✓ Revise el peso de las cuchillas utilizando una balanza especial. (INTECAP, 2005)

31.8.5.4. Mantenimiento de la máquina lijadora. Para el mantenimiento básico de las lijadoras es necesario que siga las siguientes instrucciones:

- ✓ Revise las indicaciones del fabricante para identificar las áreas de lubricación.
- ✓ Cambie las mangueras de aire y las válvulas de la lijadora calibradora en caso necesario.
- ✓ Nivele los rodillos de la calibradora o informe al departamento de mantenimiento.
- ✓ Limpie suavemente con una brocha, las ranuras de ventilación para quitar todo residuo de polvo y viruta u otros sólidos.

- ✓ Aplique grasa en el punto de engrase del eje de rotación de la lijadora.
- ✓ Limpie y revise el cable y la conexión eléctrica.
- ✓ Quite las partes móviles de la lijadora y limpie con una brocha y/o lubrique según las instrucciones de operación y mantenimiento del fabricante. (INTECAP, 2005)

Figura 363: Forma de cambiar la lija en una lijadora

Fuente: INTECAP, 2005

31.9. Elaboración de uniones y empalmes de piezas de madera

La correcta fabricación de uniones y empalmes de tablas de madera, es importante para la elaboración de productos con valor agregado.

En esta sección, se hablará de todos los temas importantes que se deben de dominar para elaborar uniones y empalmes de piezas de madera. (INTECAP, 2005)

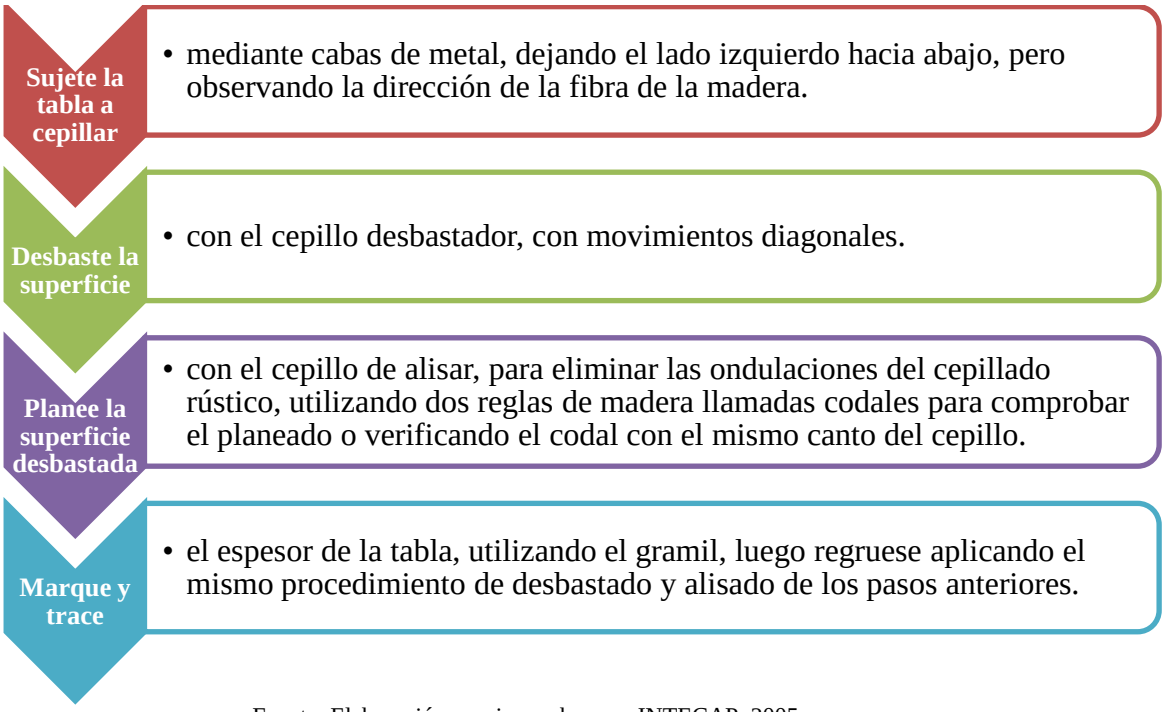
31.9.1 Cepillado de tablas.

El cepillado consiste en la preparación de la tabla para realizar las uniones y empalmes necesarios para producir el artículo de valor agregado.

La operación del cepillado de tablas consiste en desbastar y planear la superficie de una tabla, así como el regruesado y canteado manual. (Porras, 2011)

Para realizar la operación de cepillado manual, es necesario que realice los pasos siguientes:

Gráfica 7: Cepillado manual

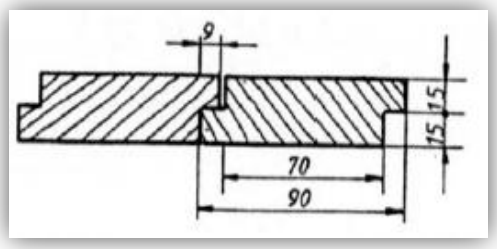


Fuente: Elaboración propia con base en INTECAP, 2005

31.9.2. Elaboración de uniones al ancho. Las operaciones de corte y cepillado, se aplica en uniones al ancho. Las uniones al ancho más utilizadas en carpintería, son con batiente, con vena, con clavijas y con ranura y lengüeta. (INTECAP, 2005)

31.9.2.1. Unión al ancho con batiente. Es un tipo de unión, utilizada para unir varias piezas traslapadas entre sí, mediante batientes a media madera. Este tipo de unión es aplicable a pisos de madera y forros de casas.

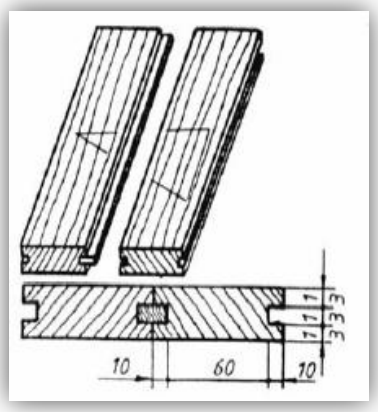
Figura 364: Unión de piezas con batiente



Fuente: INTECAP, 2005

31.9.2.2. Unión al ancho con vena postiza. Esta unión, también llamada falso machimbre, es una junta de dos o más piezas de madera, que tienen en sus cantos ranuras en las que va incrustada una lengüeta elaborada de madera al hilo o al través; también se puede utilizar madera de capas (plywood) para elaborar la vena.

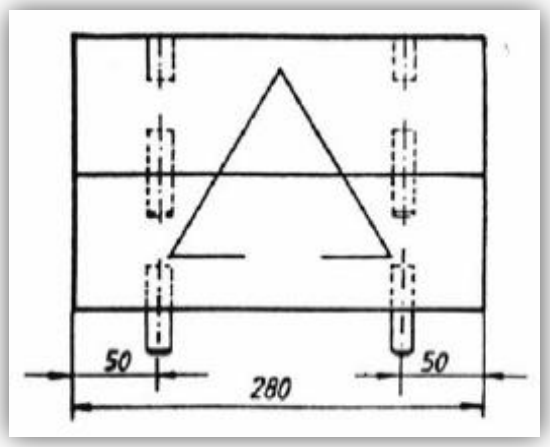
Figura 365: Unión de pieza con vena postiza



Fuente: INTECAP, 2005

31.9.2.3. Unión al ancho con clavijas. Junta de dos o más piezas de madera, unidas por clavijas de madera, la cual se emplea en trabajos de mucha resistencia, como en tableros macizos de mesas y en construcciones desarmables. Las clavijas aumentan en proporción considerable la superficie encolada, dándole mayor resistencia.

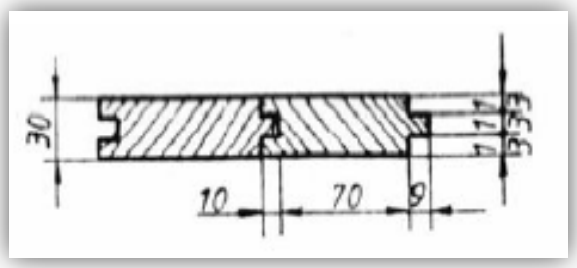
Figura 366: Unión de piezas con clavijas



Fuente: INTECAP, 2005

31.9.2.4. Unión al ancho ranura y lengüeta. Es la unión de dos o más piezas por medio de ranura y lengüeta, que lleva cada pieza en cada canto, formando un macho y una hembra, de tal manera que al unirlos la lengüeta se introduce en la ranura. Esta unión es utilizada en la construcción de pisos, cielos falsos, forros de paredes, puertas y divisiones. (INTECAP, 2005)

Figura 367: Unión de pieza con ranura y lengüeta

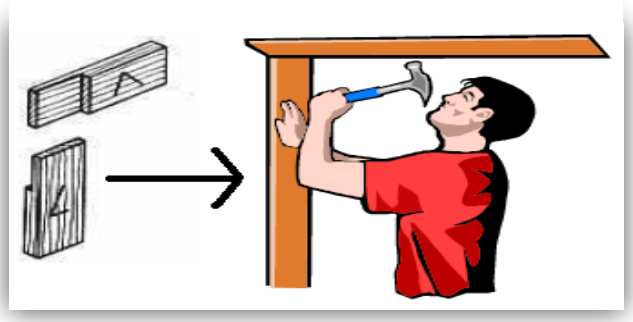


Fuente: INTECAP, 2005

31.9.3. Elaboración de empalmes. Los empalmes a medio grueso más comunes son: en esquina y en cruz.

31.9.3.1. Empalme a medio grueso en esquina. El empalme en esquina, es sencillo y se utiliza para marcos en ángulo recto, travesaños y piezas intermedias. Éste se refuerza con cola para trabajos finos, con clavos para trabajos rústicos y con tornillos para trabajos en construcciones.

Figura 368: Empalme en esquina y su utilización



Fuente: INTECAP, 2005

31.9.3.2. Empalme a medio grueso en cruz. El empalme en cruz a medio grueso consiste en dos piezas, las cuales se hallan sobrepuestas entre dos planos.

Se emplea comúnmente en divisiones de marcos, puestas con vidrio, ventanas, construcciones y divisiones interiores de gavetas. (INTECAP, 2005)

Figura 369: Empalme a medio

Fuente: INTECAP, 2005

31.9.4. Proceso de realización de cortes para empalmes y uniones.

Cada unión o empalme descrito anteriormente, tiene un procedimiento de ejecución, el cual es homogéneo (similares entre sí), donde lo que varía es el tipo de herramienta utilizada para su elaboración. (INTECAP, 2005)

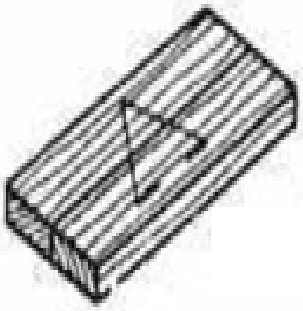
31.9.4.1. Proceso de ejecución. En esta sección, se describe el proceso ideal para realizar las uniones anteriormente descritas.

31.9.4.1.1. Proceso de ejecución de las uniones al ancho con batiente.

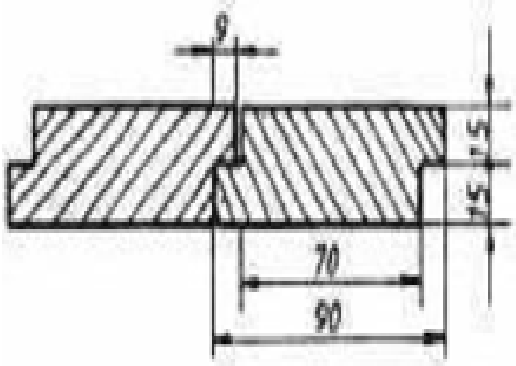
El siguiente diagrama demuestra dicho proceso:

Gráfica 8: Proceso de ejecución de las uniones de ancho con batiente

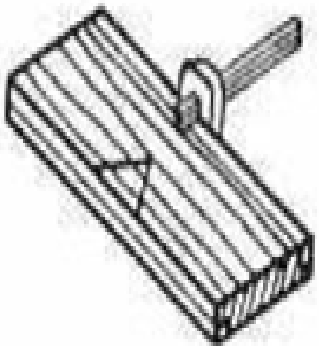
Seleccione la madera, observando el lado derecho e izquierdo de la misma. Acodale las piezas, limpie cantos regruese la madera, cantee las piezas y corte de ancho.



Realice la marcación correspondiente por medio de un triangulo, tome medidas exactas observando la pequeña luz que hay entre la parte superior, de aproximadamente 1 mm., trace el batiente con el gramil.



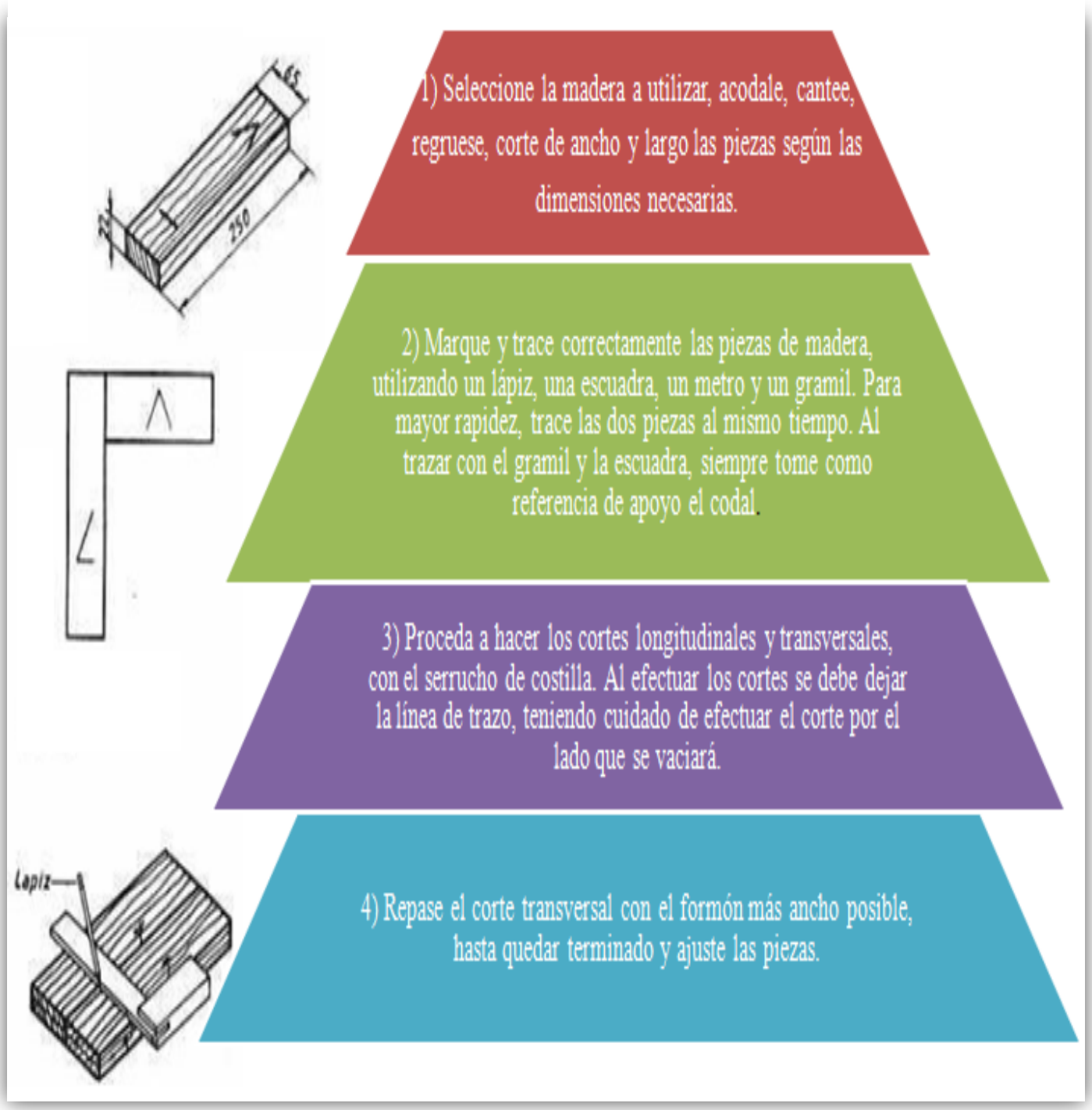
Realice el batiente usando en ambos cantos el cepillo de batientar, luego ensaye la unión, repasando cada corte si fuera necesario.



Fuente: Elaboración propia con base en INTECAP, 2005

31.9.4.1.2. Proceso para realizar el empalme en esquina

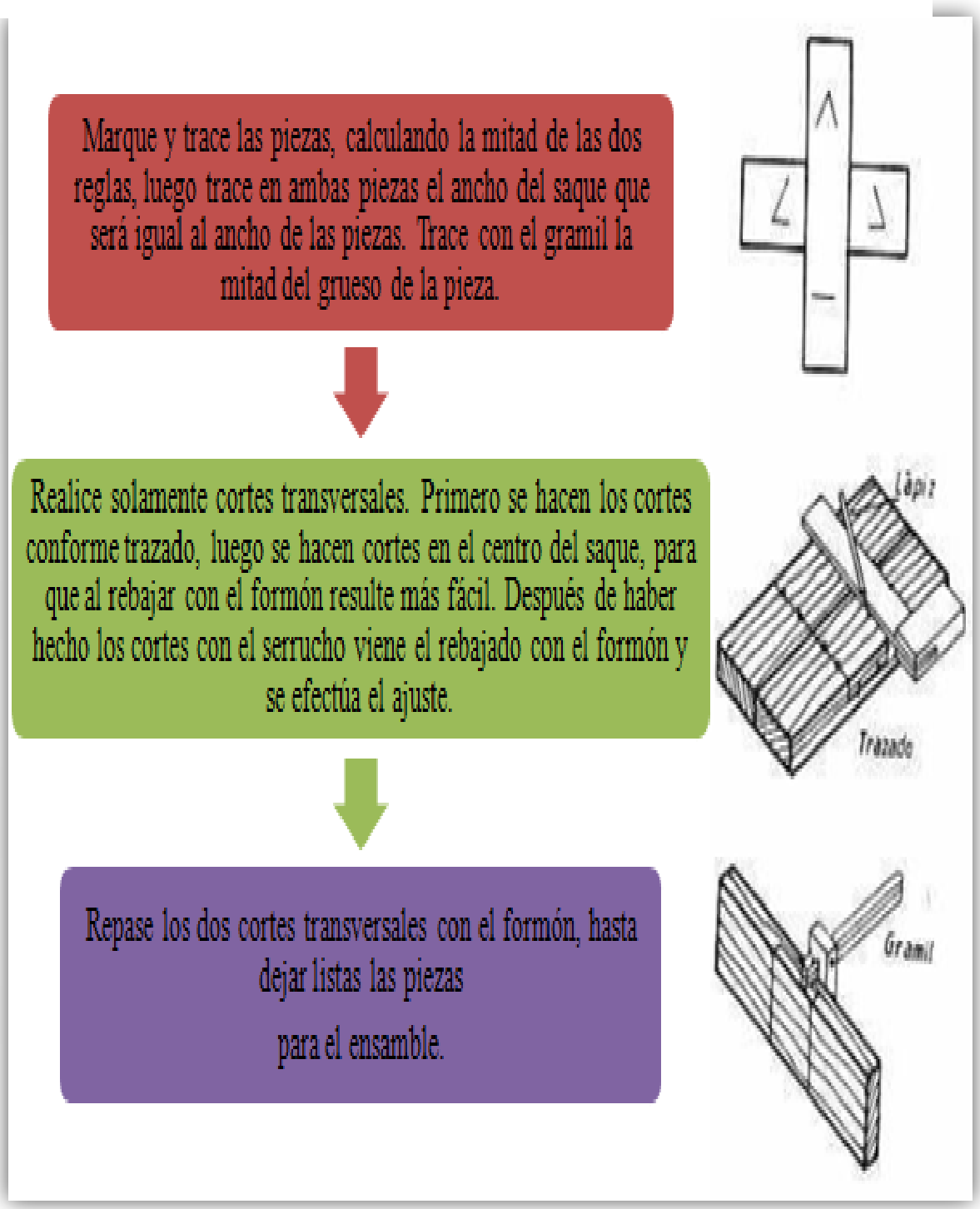
Gráfica 9: Proceso para realizar empalmes de esquina



Fuente: Elaboración propia con base en INTECAP, 2005

31.9.4.1.3. Proceso para realizar el empalme en cruz

Gráfica 10: Proceso para realizar el empalme en cruz



Fuente: Elaboración propia con base en INTECAP, 2005

31.9.5. Puntos críticos de calidad. Los puntos críticos de control de calidad, se verifican cuando se pasa de una operación a otra o cuando los requerimientos de medidas de la pieza, acabados de la superficie y funcionamiento de las herramientas son exigentes.

En operaciones de uniones y empalmes a media madera, deben considerarse los siguientes puntos críticos de control de calidad:

- La selección de la madera.
- El trazado de las piezas a trabajar.
- Las dimensiones requeridas de las piezas deben ser comprobadas continuamente.
- El ajuste del empalme o unión realizada.

31.9.5.1. Defectos comunes. Normalmente los defectos más comunes en las uniones o empalmes de piezas de madera son los siguientes:

- Nudos muertos en las orillas o extremos de las piezas.
- Rajaduras leves en el centro o el contorno de la pieza de madera.
- Aberturas en las uniones.
- La rigidez del ajuste.

31.9.5.2. Causas y acciones correctivas. La mayoría de los defectos citados anteriormente, son causados por la selección no adecuada de la madera que sé está trabajando, falta de inspección del departamento de control de calidad y falta de práctica del participante u operador.

Las acciones correctivas que se deben implementar para corregir estos defectos son:

- Revisar minuciosamente las piezas antes de acodalar y regruesar.
- Medir y trazar varias veces hasta estar seguro del corte a realizar.
- Realizar los cortes según las indicaciones del procedimiento.
- Ajustar con formón ancho, hasta lograr la rigidez del empalme. (INTECAP, 2005)

30.10. Armado de muebles de madera

En esta sección, se hará un breve resumen para poder desempeñar las funciones de armar muebles con espiga y armella, muebles tarugueados, muebles engrapados, muebles clavados, muebles encolados y muebles atornillados; basándose en procedimientos y parámetros de calidad establecidos. (Spannagel, 1989)

Figura 370: Ejemplo de armado de mueble

Fuente: http://www.blogsperu.com

31.10.1. Armado de muebles de madera con espiga y armella.

El armado de espiga y armella se usa en la fabricación de muebles, cuando no se puede o no se deben, construir tableros lisos, con tablas o tablones. A este tipo de uniones, también se le llama espiga y caja, algunas veces se le denominará caja, a una armella.

Entre los tipos más comunes de espigas y armellas se tienen: espiga y armella pasante, espiga y armella ciega, espiga y armella falsa, espiga y armella a inglete, espiga y armella oculta y espiga y armella múltiples.

El tipo de espiga y armella pasante, es ideal para la construcción de bastidores, debido a que posee suficiente área para encolar y por ser pasante proporciona más seguridad en el mueble. Los otros tipos tienen características similares, pero se utilizan más para hacer que la estética del mueble resalte, no importando la seguridad del mismo.

El equipo auxiliar que se utiliza en el armado de muebles de madera se compone de prensas neumáticas y mecánicas, siendo las neumáticas las que más agilizan el trabajo de pegado de piezas. También se utilizan herramientas como: prensas en G, sargentos en forma de rieles, escuadras, mazos de madera, brochas y otras.

Recuerde que al trabajar con el equipo y herramientas debe darles el mantenimiento respectivo y aplicar las medidas de seguridad necesarias.

Para armar muebles con espiga y armella se utilizan materiales similares a los que se utilizan en las otras formas de armar. Por ejemplo, la cola blanca se aplica en todas las uniones para una mayor efectividad en el pegado de las piezas. También está, el wipe, el agua y el thinner, que sirven para eliminar restos de cola blanca en las esquinas encoladas.

Antes de aplicar los métodos y técnicas de armado, es necesario que revise la hoja de ruta para estar seguro de las operaciones a realizar. Una vez que estén listos el equipo, herramientas y materiales a utilizar, puede usar plantillas o escantillones para armar los bastidores, siempre tomando en cuenta la seguridad en el trabajo, el orden y la limpieza antes y después de trabajar y la protección ambiental con respecto a los desechos que se generan en la actividad. (INTECAP, 2001)

31.10.1.1. Plantillas. Las plantillas que se utilizan en el armado de espiga y armella, generalmente, están elaboradas de madera, plywood o plástico.

Estas plantillas pueden ser elaboradas en la misma empresa o taller, en coordinación con personas que se encargan de mejorar el diseño de los procesos, y con la colaboración de personal técnico especializado en el área de carpintería.

Las plantillas le servirán para armar complementos de muebles en serie, que son de una sola medida y para un diseño o modelo específico, pudiéndose cambiar de tipo de plantilla de acuerdo al tipo de mueble que va ser procesado.

Figura 371: Plantillas

Fuente: INTECAP, 2005

Normalmente, las plantillas se colocan o se montan en mesas de trabajo elaboradas de madera, considerando una serie de factores como: el tamaño de la plantilla, el número de personas que trabajan con la misma plantilla y la altura de la mesa.

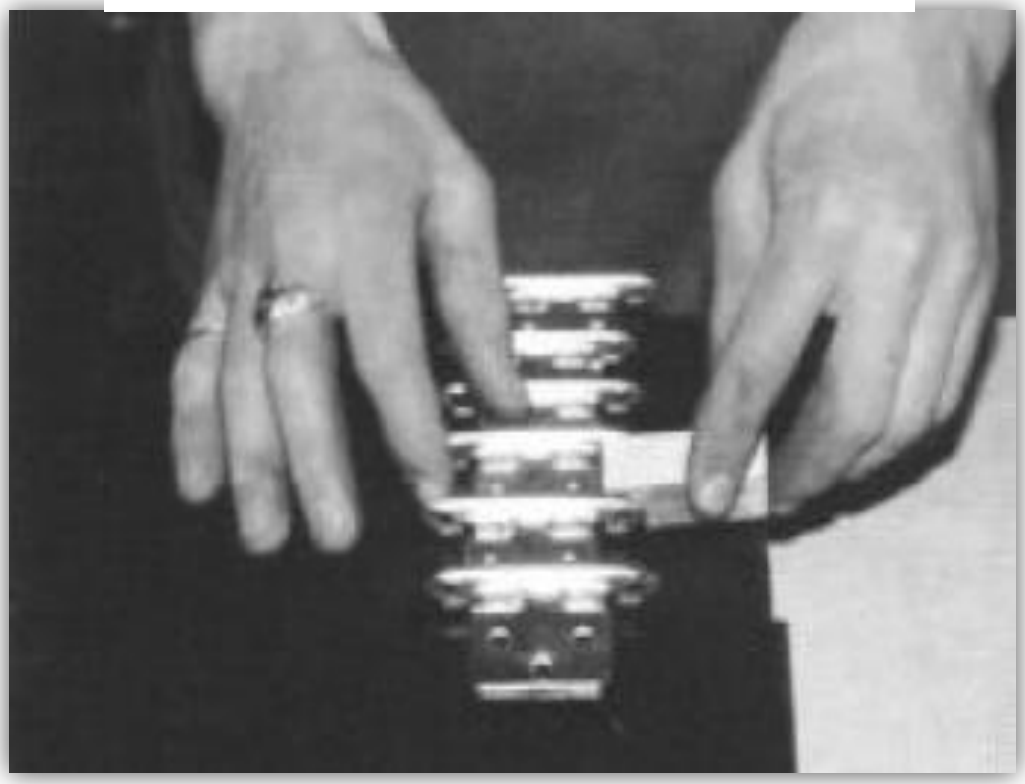
Esto último, se debe a que usted tiene que operar con comodidad al trabajar con las plantillas, evitando estirarse para alcanzar los materiales, o levantar piezas hasta una altura considerable.

Además de la comodidad, durante la operación, el uso de las plantillas mejora un proceso, ya que se reducen los costos en los diferentes tipos de movimientos que se realizan. (Spannagel, 1989)

31.10.1.2. Escantillones. Los escantillones puede elaborarlos de madera, de la misma forma que las plantillas, con la diferencia de que las plantillas son pesadas y por lo tanto, van instaladas en una mesa de trabajo, como se indicó anteriormente.

En cambio, los escantillones son piezas de madera móviles, que puede llevarlos incluso, al lugar de instalación final de un mueble y puede elaborarlos de diferente tamaño, según las dimensiones de los componentes que esté trabajando.

Figura 372: Escantillones



Fuente: INTECAP, 2005

Por último, es obligatorio que revise los defectos más comunes que pueden darse durante al armado y corregirlos inmediatamente, antes de que seque la cola. (INTECAP, 2001)

31.10.2. Armado de muebles de madera tarugueados. El armado de muebles tarugueados, en algunas ocasiones se convierte en armado con espiga y armella, debido a que el tarugo o la clavija se convierten en espiga y el agujero en armella.

El armado de muebles tarugueados, consiste en unir dos o más piezas mediante clavijas de madera, que se adquieren en las empresas que se dedican a la fabricación de las mismas o simplemente son elaboradas en el propio taller donde se llevará a cabo la construcción del mueble, para elaborarlos, necesitará de un cepillo de metal de No. 4 para que el raspado sea uniforme, luego haga pasar las tiras por la taruguera.

Para llevar a cabo la operación de enclavijado se utilizan distintos de equipos, ya sea para elaborar las clavijas y los agujeros o para prensar las piezas de madera mientras se están fijando, entre estos están: el torno para madera, el taladro múltiple, el taladro de pedestal simple y las prensas neumáticas. El torno se utiliza para realizar las clavijas en serie, el taladro de pedestal simple se usa para hacer los agujeros donde se introducirán las clavijas, el taladro múltiple también hace lo mismo, pero tiene la ventaja de realizar varios agujeros según la cantidad de brocas que se instalen. También se utilizan herramientas como el martillo, las leznas, las tarugueras y los barrenos eléctricos manuales, donde las medidas de seguridad son indispensables para que no sucedan accidentes de trabajo.

En la operación de tarugueados se utilizan materiales que sirven para llevar a cabo una unión óptima, por ejemplo: clavijas, cola blanca, wipe y agua. Por último, las técnicas de tarugueados que se aplican son: clavijas combinadas con espigas, clavijas combinadas con tornillo y clavijas en línea, en las cuales se deben aplicar las normas de seguridad y de protección ambiental, para que al finalizar la operación no se obtengan resultados defectuosos. (Spannagel, 1989)

31.10.2.1. Clavijas combinadas con espigas. El método de clavijas combinadas, es el que se utiliza en la mayoría de empresas que fabrican muebles en serie. Este método se lleva a cabo, cuando las clavijas se combinan con espigas o molduras, que además de darle una buena apariencia al mueble, le proporcionan estabilidad, no permitiendo que los largueros y peinazos se despeguen con facilidad.

Las molduras, se elaboran primero, utilizando gran variedad de equipo como por ejemplo: las molduradoras o las fresadoras (trompos). Luego se taladran los agujeros en los taladros simples y múltiples, para lo cual se utilizan las plantillas mencionadas anteriormente. Las molduras de los largueros y las contra molduras de los peinazos, deben ajustar perfectamente, antes de hacer los agujeros, para que no tenga problemas al momento de ensamblar.

Figura 373: Molduras para muebles

Fuente: INTECAP, 2005

31.10.2.2. Clavijas combinadas con tornillo. Otra técnica de clavijas combinadas que puede aplicar en la construcción de muebles con aglomerado o melamina, es la de utilizar clavijas de madera maciza, en combinación con tornillos, según el tamaño del tablero. Cabe mencionar que los tornillos que debe utilizar, en esta actividad, son los tornillos de rosca doble que no se aflojen con facilidad. Estos tornillos pueden ser de cabeza con ranura o en cruz, según el tipo de destornillador que tenga a su disposición.

Figura 374: Muebles con puertas montadas

Fuente: INTECAP, 2005

31.10.2.3. Método de clavijas en línea. El amado con clavijas en línea, es el que se lleva a cabo, cuando en un mismo tablero de costado o de entrepaño, se colocan varios tarugos o clavijas, a una distancia que depende del largo de las piezas. El trabajo se agiliza colocando todas las clavijas en un solo tablero, para después dejar caer el otro, sobre los extremos de los que ya están colocados.

Figura 375: Armado de clavijas en línea

Fuente: INTECAP, 2005

Al utilizar este método tenga cuidado de no dejar mucho tiempo, entre la inserción de los tarugos y la colocación del otro tablero, ya que esto, provocaría que queden residuos de cola en la superficie del canto, provocando que se conviertan en bordes, que impedirán el ajuste perfecto de los dos cantos. (Spannagel, 1989)

31.10.3. Armado de muebles de madera engrapados.

Los diferentes tipos de engrapado, se aplican para construir muebles de madera que no sean de mucha exigencia, se aplica a aquellos muebles cuya estructura deben ser resistentes, no importando su apariencia superficial.

El engrapado, consiste en unir piezas de madera, mediante distintos tipos de grapas elaboradas de alambre o de láminas de diferentes medidas. La ventaja del armado con grapas, es que no se necesita mucho trabajo para unir las piezas de los muebles y la desventaja es que fácilmente se pueden rajar las piezas debido a la estructura de las fibras de la madera, mayormente en los muebles donde se utiliza madera de baja calidad.

El engrapado se lleva a cabo en muy pocos tipos de muebles, pero tiene mucha aplicación en la construcción de estructuras para muebles de tapicería, debido a que estos van revestidos con materiales que ocultan los defectos que resultan al armar las estructuras. En carpintería se utiliza el engrapado, pero en aquellos muebles cuya estructura será revestida con madera de capas y también en productos de marquetería.

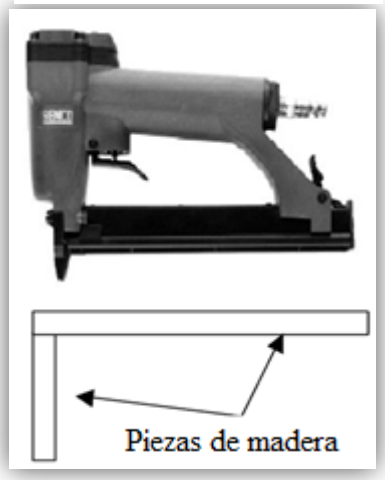
El equipo que utilizará, lo debe seleccionar en relación al tipo de trabajo que llevará a cabo, a las posibilidades de adquisición y a las exigencias de los muebles. Actualmente se utilizan engrapadoras neumáticas y eléctricas, alimentadas por aire comprimido proveniente de un compresor. Pero además del equipo se utilizan herramientas como: el martillo, la tenaza, las leznas, los destornilladores y otras, que son las más usuales.

Para lograr una unión adecuada, se utilizan varios tipos de grapas, siempre y cuando hayan sido seleccionadas de acuerdo al tipo de trabajo y al tipo de madera que esté trabajando, las grapas que más se utilizan en la operación de armado son: grapas de lámina corrugada y lisa, y grapas de alambre, siendo éstas últimas las que proporcionan un mejor agarre por su forma en U.

Los métodos y técnicas de engrapado de muebles no son tan exigentes, ya que simplemente se requiere que las piezas estén debidamente cortadas y se cuente con el equipo y las herramientas adecuadas. Se cuenta con dos divisiones, las cuales son: engrapado horizontal y engrapado vertical; descritas a continuación. (INTECAP, 2001)

31.10.3.1. Engrapado vertical. El engrapado vertical es una de las técnicas más utilizadas en la fabricación de muebles, debido a que normalmente se trabaja en un banco de trabajo o en piezas de madera individuales. Se entiende por engrapado vertical, a la dirección en que se introducirán las grapas con relación a la posición de las piezas o el mueble y por lo tanto de la engrapadora.

Figura 376: Engrapado vertical



Fuente: INTECAP, 2005

Tiene aplicación en la colocación de cielos falsos o en pisos de madera, con la diferencia de que en la colocación de cielos falsos, el engrapado es vertical, pero la engrapadora se utiliza en forma invertida.

El engrapado vertical, tiene la ventaja de que el peso de la máquina, ayuda a insertar la grapa, presionando el dispositivo libertador. Pero tiene la desventaja de que puede introducir la grapa en una dirección no deseada, si no se selecciona correctamente el lugar a unir. (Spannagel, 1989)

31.10.3.2. Engrapado horizontal. El engrapado horizontal, de la misma manera que en el vertical, se basa en la dirección que tomarán las grapas al ser insertadas en las piezas de madera. Éste se aplica en la mayoría de los muebles que ya están armados, en los que se requiere engrapar una pieza adicional. También se utiliza en el engrapado de forros para paredes que van colocadas verticalmente.

Figura 377: Engrapado horizontal

Fuente: INTECAP, 2005

Finalmente, es conveniente que revise las uniones del mueble, observando que no queden grapas mal colocadas, golpes que se dan durante la actividad y corregir estos defectos aplicando los métodos más eficientes. (Spannagel, 1989)

31.10.4. Armado de muebles de madera clavados. Las operaciones de clavado de muebles de madera, son las más fáciles de realizar, porque no necesitan de ningún ajuste especial más que la escuadra correcta de las piezas y la selección adecuada de los materiales y las herramientas necesarias.

El clavado, consiste en unir piezas de madera mediante clavos elaborados de alambre, de diferentes medidas. La ventaja del armado con clavos, es que no se necesita mucho trabajo para armar los muebles y su desventaja es que fácilmente se pueden rajar las piezas debido a la estructura de las fibras de la madera. Las operaciones de clavado se llevan a cabo en todo tipo de mueble, donde algunos necesitan menos clavos que otros, pero se utilizan más en los costados de los armarios, chimeneros, baúles o cofres, y en la construcción de puertas, donde también se

utilizan clavos, para sujetar planchas de plywood, cuando no se cuenta con una prensa hidráulica o mecánica para prensar las dos planchas contra el bastidor de madera.

El equipo que se utiliza, se debe seleccionar en relación al tipo de trabajo que se llevará a cabo, a las posibilidades de adquisición y a las exigencias de los muebles. Por lo regular se utilizan clavadoras neumáticas y eléctricas, así como barrenos o taladros pequeños, los cuales hacen una función especial. Además del equipo se utilizan herramientas como: el martillo, la tenaza, el punzón y otras, que son las más usuales.

Para lograr una unión adecuada, se utilizan varios tipos de clavos, siempre y cuando hayan sido seleccionados de acuerdo al tipo de trabajo y al tipo de madera, pero, los que más se utilizan en la operación de armado son: los clavos con cabeza estriada y los clavos con punta cónica, ya que estos proporcionan un mejor agarre y no permiten que la madera se raje o se astille.

Los métodos y técnicas de clavado de muebles dependen del tipo de construcción que se realice, pudiendo aplicar procedimientos para lograr un trabajo más eficiente, por ejemplo: si se está armando un techo de una casa, tal vez se pueda combinar clavos y tornillo y utilizar escaleras o andamios adecuados a la altura de trabajo. Si se trabaja con muebles sobre un banco de trabajo, se debe utilizar adecuadamente el martillo y las clavadoras neumáticas.

Finalmente, es necesario que revise el mueble, observando que no tenga puntas de clavos saltadas o rajaduras y golpes que se producen durante la actividad y corregir estos defectos aplicando los métodos más eficientes. (INTECAP, 2001)

Figura 378: Muebles enclavados

Fuente: INTECAP, 2005

31.10.5. Armado de muebles de madera encolados. El encolado de piezas para muebles, es una forma de ensamblaje muy antigua, en la cual se utilizan distintos tipos de colas y adhesivos para lograr la unión perfecta. Este tipo de ensambles, se llevan a cabo cuando las piezas están correctamente canteadas o tienen uniones bien elaboradas, ya que el endurecimiento de la cola forma una compactación entre las superficies de madera. En este caso, es preciso que tome en cuenta que la adhesión es mejor en las superficies de madera de poro abierto, considerando los tipos de encolado en frío y en caliente, así como el grado de temperatura adecuado para lograr un secado rápido.

En las operaciones de encolado se utilizan prensas mecánicas, neumáticas e hidráulicas, con las cuales se optimiza la actividad de prensado de las piezas, obteniendo tiempos de secado de menos de dos horas y hasta minutos, según las temperaturas utilizadas.

Es necesario proporcionarles mantenimiento para que no produzcan fallas al momento de utilizarlas. También se utilizan herramientas auxiliares que son de gran importancia para la operación de prensado ya sea para aplicar la cola blanca como los rodillos y las brochas, los sargentos y los mazos de madera y de caucho.

Los tipos de colas o adhesivos que se utilizan se dividen en colas naturales y colas sintéticas, las colas naturales se caracterizan por no contener ningún elemento químico adicional más que las resina pura, mientras que las colas sintéticas son mezcladas con acetato de polivinilo, resinas de fenol aldehído, fenolplasto, resina sintética y otros, que agilizan el secado cuando son aplicadas a la superficie de la madera.

Estos materiales, son muy delicados por los componentes que poseen, por lo tanto, debe mantenerlos bien conservados, para que no sufran reacciones al estar expuestos al aire.

Las técnicas de encolado que más se aplican en el área de la carpintería y ebanistería, son los enchapados o aplacados y las uniones al ancho mediante distintos tipos de uniones y juntas, con las cuales se deben aplicar los conocimientos adquiridos para obtener una superficie bien definida. (INTECAP, 2001)

31.10.5.1. Enchapados o aplacados. Esta técnica consiste en colocar una chapa delgada de 1/32” ó 1/16” de grueso, de madera fina con textura decorativa, sobre otra cuya estructura que presente defectos tales como nudos, rajaduras, colores variados, etc., utilizando prensas de plancha, a base de calor.

La técnica de chapeados, se utiliza en los costados de los muebles, tableros de puertas, ventanas, incluso en entrepaños y divisiones. En algunas secciones de los tableros de puertas o costados, se colocan los chapeados de manera que forman algún tipo de figura geométrica.

Para la aplicación de chapeados, puede utilizar principalmente las colas de glutina. La cola de piel es preferible a la cola de huesos, porque no es propensa a formar manchas, no atraviesa fácilmente las chapas y puede emplearse con más economía. También soporta mayor calor que la de huesos, que no puede aplicarse a temperatura superior a 45 °C, por el peligro de que fluya mucha cola a través de las juntas.

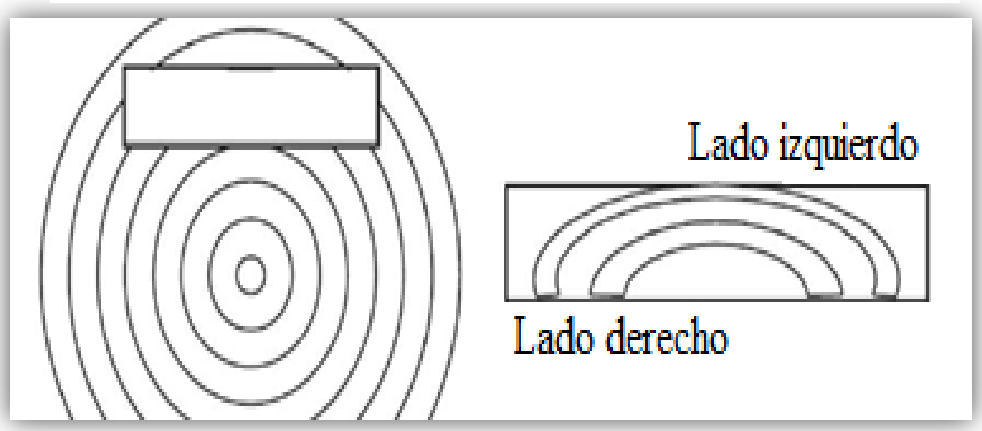
En varios talleres se realizan chapeados, utilizando prensas o sargentos de mano, con la ayuda de calces de madera, que presionan la placa de madera y la de chapa. En las grandes industrias se utilizan prensas hidráulicas, ya que con este tipo de prensas se pueden hacer enchapados muy gruesos o de planchas de 20 milímetros cada una, formando planchas de 40 milímetros de grueso, que se utilizan para la elaboración de mesas de billar o para otras aplicaciones similares. A estos tipos de ensambles se les llama aplacados. (INTECAP, 2001)

Figura 379: Prensa que se utiliza en enchapado de tableros de madera

Fuente: INTECAP, 2005

31.10.5.2. Técnica de uniones especiales al ancho. Las técnicas de encolado para la elaboración de varios tipos de uniones al ancho, se aplican según las exigencias del mueble y el equipo que tenga a su disposición. La técnica de uniones encoladas al ancho es la más antigua y aún se sigue utilizando para construir muebles de madera, para algunos tipos de uniones como las del machihembre, lengüeta o vena, embarrotado, zigzag y otras. Cuando realice el ensamblaje de varias duelas de este tipo, es recomendable que seleccione el lado derecho e izquierdo de la madera o verifique si es madera de albura o duramen, esto se observa mejor en el diagrama a continuación, que representa una troza de un árbol en vista de planta.

Figura 380: Forma correcta de seleccionar las duelas a encolar



Fuente: INTECAP, 2005

Otra técnica para la elaboración de uniones especiales al ancho, es la que se lleva a cabo, cuando a las duelas de madera a ensamblar, se les hace espiga y un canal, a lo largo de la pieza. A este ensamble se le llama machimbre y existe otro tipo denominado juntas en zigzag.

La calidad del encolado de las piezas se obtiene mediante la revisión antes y después de dicha operación, tomando en cuenta los puntos críticos y corrigiendo los defectos que se obtienen en determinada actividad. (Spannagel, 1989)

31.10.6. Armado de muebles de madera atornillados. El atornillado de piezas para muebles es aplicado en aquellos muebles cuya estructura es desarmable, por lo tanto a este tipo de uniones no debe aplicarle ningún tipo de adhesivo o material que impida el destornillado de las piezas en los muebles.

En el atornillado de muebles se aplican dos fases que son: Los atornillados parciales constituyen un pre-ensamble de las piezas que forman una parte del mueble, mientras que los atornillados de conjunto forman el mueble completo.

Al llevar a cabo las operaciones de atornillado, usted puede seleccionar entre usar un barreno manual, adaptándole una punta destornilladora, o usar un destornillador eléctrico. Este último está diseñado especialmente para introducir y extraer tornillos, mediante el uso de una punta destornilladora y un adaptador imantado, la cual posee magnéticas características, para que el tornillo no se suelte de la punta mientras está siendo colocando en la superficie de la madera. Es recomendable que no utilice el destornillador eléctrico para hacer avellanados en la madera, ya que podría dañarse el mecanismo interno, debido al esfuerzo de rotación al que está sometido y además, el avellanado no sería correcto.

De la misma manera que con el equipo, también se pueden introducir y extraer tornillos, utilizando herramienta de mano como los destornilladores plano, en cruz, y el destornillador de extensión. El destornillador plano se utiliza cuando no se posee el equipo adecuado. También se utiliza el destornillador de extensión, solo que este último tiene la ventaja de que se puede manipular fácilmente en espacios reducidos y profundos.

Para lograr una unión perfecta en las piezas que estén atornillando, es necesario que seleccione los tipos de tornillos y sus dimensiones de acuerdo al tipo de dimensiones de la madera con la que esté trabajando.

En la actualidad existen diferentes tipos de tornillos, siendo los más utilizados en carpintería, los tornillos de ranura en cruz. Las técnicas de armado que normalmente se aplican en carpintería, son las uniones a tope, a media madera y a media madera con sesgue, las cuales, en muchas ocasiones, van sujetadas mediante tornillos de llave con tuerca. (INTECAP, 2001)

31.10.6.1. Atornillado en madera blanda. Una de las técnicas de atornillado, muy aplicada, consiste en sujetar complementos de muebles de madera, en los cuales la madera es blanda, por lo que solo se encamina el tornillo con una lezna haciendo una marca con una profundidad de 5 mm, aproximadamente, esto servirá para que el tornillo siga la dirección asignada.

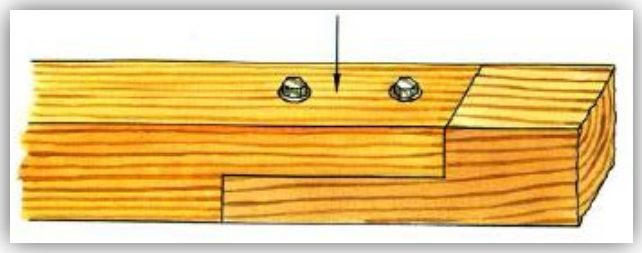
A veces es recomendable, medir las distancias a las que se colocaran los tornillos para que todos compartan el esfuerzo que tienen que soportar. Cuando ya tenga marcado el lugar donde se introducirá el tornillo, proceda a la colocación del mismo, utilizando un desarmador o el trepano. Recuerde que el marcado con la lezna, se lleva a cabo, solo en aquellos muebles que son atornillados utilizando herramientas, no así con el equipo.

31.10.6.2. Atornillado en madera dura. El atornillado en madera dura se lleva a cabo en aquellas maderas cuya densidad es muy elevada, por lo tanto la punta y la rosca respectiva del tornillo no es capaz de deslizarse a través de ella.

En estos casos, es conveniente realizar una perforación previa, utilizando una broca para madera, según las dimensiones del tornillo a colocar. Esta broca como se mencionó anteriormente, debe tener por lo menos 1/32 menos que el diámetro del tornillo, ya que el agujero sirve únicamente para facilitar el atornillado.

En carpintería, se llevan a cabo muchos tipos de uniones con tornillos, los cuales hacen que la solidez del ensamble sea óptima. Esto se realiza sobre todo, en estructuras para la construcción de casas, donde se realizan empalmes a topes con bridas, empalmes a media madera y empalmes a media madera con testa en sesgo. (Spannagel, 1989)

Figura 381: Atornillado en madera



Fuente: INTECAP, 2005

31.11. Medidas de seguridad

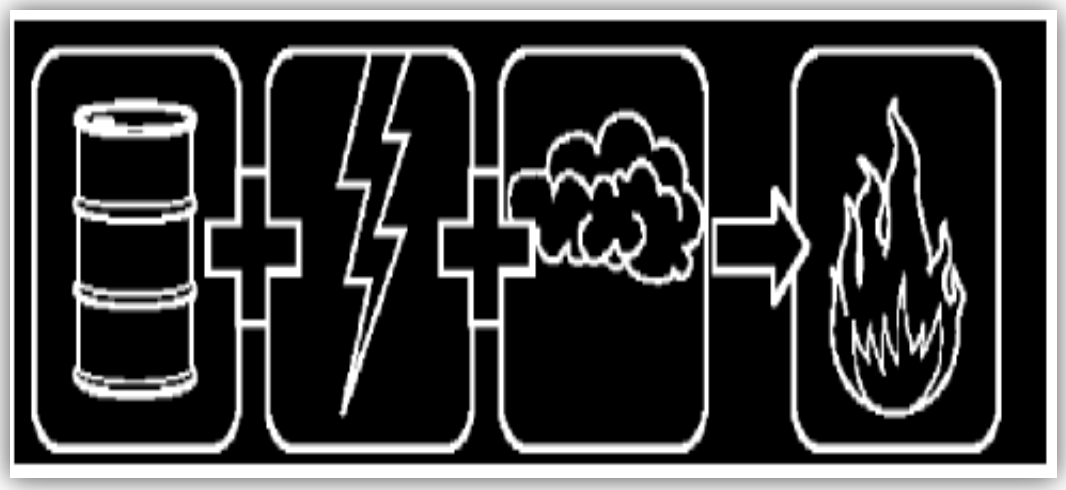
31.11.1. Medidas de seguridad generales.

Toda persona debe ser advertida contra estos peligros potenciales en cualquier empresa en la que se encuentre (en este tema: empresas de valor agregado), por medio de afiches o rótulos preventivos. Para lo cual se mencionan los siguientes: (Grimaldi, 1996)

31.11.1.1. Incendio y explosión.

Un alto número de incendios que ocurren en plantas industriales es donde se manejan cantidades altas de material combustible, en este caso la madera es catalogada como un combustible potencial. Los tres elementos del triángulo del fuego son: combustible, calor y oxígeno.

Figura 382: Elementos que hacen posible el fuego



Fuente: INTECAP, 2005

Evite que el combustible, el calor y el oxígeno se mezclen en el mismo lugar, para evitar incendios. El calor proviene de un corto circuito en la instalación eléctrica de las máquinas. El combustible proviene de la madera o materiales inflamables como: Thinner, keroseno, lijas y otros compuestos, utilizados para el tratamiento de la madera. Él oxígeno está presente en el aire. Sin embargo existen medios para prevención como rótulos o extintores:

31.11.1.1.1. Rótulos preventivos. Una importante medida de seguridad la constituyen los carteles o letreros. A través de un sistema de comunicación, por medio de símbolos, usted podrá saber, por ejemplo, cuáles son las áreas de no fumar, no soldar, áreas restringidas y zonas de peligro. Muy importante también, es que localice las vías de desalojo en caso de cualquier tipo de emergencia por siniestro.

Figura 383: Rótulos preventivos

Fuente: INTECAP, 2005

31.11.1.1.2. Extintores. Con el objeto de prever riesgos de incendios, las empresas deben mantener extinguidores o extintores para diferentes tipos de materiales, ubicados en lugares visibles y fáciles de maniobrar. Es necesario que usted se capacite para su uso y que pueda colaborar en la verificación del buen funcionamiento, para que estén permanentemente en condiciones de ser utilizados. Esto último es muy importante, ya que si a la hora de necesitarse éstos fallan, entonces el sistema no funcionó como medida de prevención para salvar vidas y bienes. (INTECAP, 2005)

Figura 384: Extintores para evitar

Fuente: INTECAP, 2005

31.11.1.2. Quemaduras. Una quemadura es una lesión térmica o química de los tejidos. Puede ser producida por líquidos calientes, por la acción directa de una llama, por contacto con cuerpos calientes, por productos químicos cáusticos, por electricidad o por radiaciones electromagnéticas (rayos X, radiaciones nucleares, etc.). La piel se quema por exposición a temperaturas superiores a 50 °C, durante más de cinco minutos.

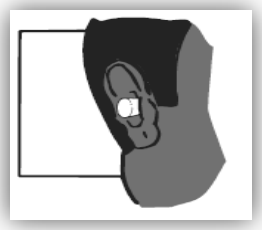
La gravedad de una quemadura depende de su profundidad, de su extensión y de la edad de la víctima. Según la profundidad se clasifican en quemaduras de primero, segundo o tercer grado:

- ✓ Las quemaduras de primer grado producen enrojecimiento y dolor (como por ejemplo las quemaduras del sol).
- ✓ Las quemaduras de segundo grado presentan ampollas (por ejemplo las escaldaduras por líquido hirviendo).
- ✓ En las quemaduras de tercer grado la piel se destruye por completo y resultan también dañados los tejidos subyacentes (subcutáneo, músculo e incluso, hueso). (Grimaldi, 1996)

31.11.1.3. Ruido. El ruido se mide en decibelios (db); los instrumentos de medida más utilizados son los sonómetros. Un informe publicado en 1995 por la Universidad de Estocolmo para la Organización Mundial de la Salud (OMS), considera los 50 db como el límite superior deseable, si bien las molestias generalizadas en la población ocurren a partir de los 85 db. Para protegerse de la contaminación acústica en los talleres de carpintería, es recomendable utilizar el equipo siguiente.

31.11.1.3.1. Protectores auditivos. Los protectores auditivos se fabrican de distintos materiales. Estos protectores pueden ser tapa oídos o tapones. Los tapa oídos cubren totalmente el oído y los tapones auditivos se introducen en el canal auditivo.

Figura 385: Tapones para loa oídos



Fuente: INTECAP, 2005

Los tapones auditivos son lavables y tienen un tiempo de vida aproximado de 45 días. Es importante que la persona que los utilice los lave cada tres días o antes si están sucios, ya que el tapón puede contener microorganismos que puede causar algún tipo de infección en el oído.El tapón auditivo debe ajustarse adecuadamente, de manera que el borde exterior del tapón esté localizado en la abertura exterior del canal del oído. Un ajuste inadecuado reducirá la efectividad del tapón.

31.11.1.3.2. Orejeras. Son protectores auditivos más costosos y duraderos que los tapones auditivos, pero debe utilizarlos sobre todo en el área de máquinas, que es donde se genera más ruido. (INTECAP, 2005)

Figura 386: Orejeras

Fuente: INTECAP, 2005

31.11.1.4. Polvo. Son partículas finas de sustancias orgánicas e inorgánicas en suspensión en la atmósfera. En una fábrica de muebles, la concentración de partículas en el aire puede superar los 1.5 millones por centímetro cúbico, mientras que en medio de un océano o en montañas altas puede ser de unos pocos centenares de miles por centímetro cúbico.

Las partículas de polvo tienen un tamaño que varía desde media micra, hasta muchas veces ese tamaño. Se mantienen suspendidas en el aire durante largos períodos y pueden ser transportadas a grandes distancias. En el mercado existe equipo especial para protección contra polvos y otras partículas, los cuales pueden ser: mascarillas y lentes o gafas. (INTECAP, 2005)

31.11.1.4.1. Mascarillas con filtro. Estas le protegen contra la inhalación de vapores dañinos, polvo o fibras. Las mascarillas desechables son útiles contra el polvo, aserrín y las fibras de material aislante.

Figura 387: Mascarillas con filtro de aire

Fuente: INTECAP, 2005

31.11.1.4.2. Lentes o gafas. Utilice lentes cuando trabaje con herramientas eléctricas o manuales, así como con colas y adhesivos que puedan producir quemaduras. Los lentes son de plástico, resistentes y anti-empañables. (INTECAP, 2005)

31.11.1.5. Vestuario. Son prendas de vestir adecuadas al trabajo elaboradas de acuerdo al tipo de trabajo que se ejecuta en determinado taller o fabrica.

31.11.1.5.1. Batas y gabachas. En la elaboración de muebles, es necesario que utilice batas o gabachas, para evitar que los materiales utilizados, tengan contacto directo con su piel, sobre todo en el proceso de aserrío.

31.11.1.5.2. Guantes. Otros protectores personales son los guantes de trabajo**.** Según el tipo de actividad, se deben utilizar guantes de diferentes materiales. Para los equipos de corte utilice guantes de gamuza vaquera; para el encolado puede cambiar a guantes de cuero reforzado y para la aplicación de químicos en general, utilice guantes de plástico.

Figura 388: Guantes de trabajo

Fuente: INTECAP, 2005

31.11.1.5.3. Botas o zapatos. Al llevar a cabo operaciones, utilice zapatos o botas de tipo agrícola con suela antideslizante y punta de acero, para prevenir golpes causados por tablas pesadas o herramienta cortante. (Grimaldi, 1996)

Figura 389: Calzado apropiado

Fuente: INTECAP, 2005

31.11.2. Medidas de seguridad específicas. Siempre, se deben de tener medidas de seguridad específicas para ciertas máquinas o procesos de la elaboración de productos con valor agregado. A continuación, algunos casos específicos de mediadas de seguridad determinadas.

31.11.2.1. Medidas de seguridad al afilar y darle mantenimiento a las máquinas de valor agregado. Es muy importante que al afilar las sierras y las cuchillas de los cepillos, utilice el equipo de seguridad y guarde las precauciones necesarias. Tome en cuenta que son herramientas cortantes y pueden causar heridas. Por consiguiente es necesario que aplique lo siguiente:

- ✓ Sujete correctamente la sierra en la prensa de afilado.

- ✓ Revise que el mango de la lima este colocado correctamente, con un cincho de metal, para garantizar la sujeción porque de lo contrario, surgirán accidentes.
- ✓ Utilice mascarillas y gafas transparentes al momento de esmerilar las cuchillas o los formones.
- ✓ Coloque las guardas de seguridad del esmeril antes de encender la máquina.
- ✓ Adopte una posición correcta al momento de esmerilar.
- ✓ Evite soltar la cuchilla mientras la está asentando. (Navarro, 2000)

31.11.2.2. Desmontaje y montaje de las cuchillas. Durante el desmontaje y montaje de las cuchillas en el árbol de la canteadora, usted estará expuesto a las cuchillas cortantes, por lo tanto es necesario que tome en cuenta lo siguiente:

- ✓ Adopte una posición correcta al cantear con la garlopa.
- ✓ Sujete correctamente la pieza que está canteando en la prensa delantera del banco de trabajo.
- ✓ Utilice guantes de protección para evitar accidentes con las cuchillas.
- ✓ Siga el procedimiento adecuado para aflojar los tornillos.
- ✓ Sujete fuertemente la llave de cola al aflojar o apretar los tornillos del árbol porta cuchillas.
- ✓ Gire suavemente el árbol porta cuchillas antes de probar la máquina. (INTECAP, 2005)

31.11.2.3. Herramientas de corte. Siempre que utilice herramientas de corte aplique medidas de seguridad como las siguientes:

- ✓ Utilice un trozo de madera para comprobar el filo de las cuchillas.
- ✓ Sujete fuertemente la pieza de madera hacia el banco de trabajo.
- ✓ Despeje el área de trabajo para evitar accidentes.
- ✓ Utilice guantes para protección al manipular cuchillas de máquina.
- ✓ Utilice una gabacha al cepillar manualmente. (Navarro, 2000)

31.11.2.4. Banco de trabajo. Al utilizar el banco de trabajo durante la fabricación de muebles, es conveniente que aplique las medidas de seguridad que se detallan a continuación.

- ✓ Sujete correctamente la pieza de madera que esté trabajando.

- ✓ Cierre la gaveta del banco de trabajo antes de cepillar o aserrar.
- ✓ Coloque el cepillo sobre el banco de trabajo, con la parte lateral hacia la superficie para no lastimar el filo de la cuchilla o la superficie del banco de trabajo.
- ✓ Utilice topes o calces de madera al sujetar tablas con las cavas de metal. (Navarro, 2000)

31.11.2.5. Herramientas de carpintería. El mantenimiento básico de las herramientas de carpintería, se aplica para que siempre estén en buenas condiciones de uso, al momento de necesitarlas.

- ✓ Asiente frecuentemente las cuchillas de los cepillos, haciendo movimientos circulares o de ida y venida sobre la piedra de asentar.
- ✓ Revise el ángulo de corte y esmerile si es necesario.
- ✓ Compruebe la forma de la cuchilla con respecto al canto de la misma, utilizando una escuadra de metal.
- ✓ Limpie con una brocha de cerdas duras la caja de madera del cepillo o las partes del cepillo de metal.
- ✓ Revise el triscado de las sierras.
- ✓ Guarde las herramientas en la gaveta del banco o en la caja de herramientas respectivas. (Navarro, 2000)

31.11.2.6. Máquina canteadora. La máquina canteadora es muy peligrosa, porque el árbol porta cuchillas gira a altas revoluciones, pero si aplica las medidas de seguridad y utiliza los dispositivos auxiliares adecuados para cada trabajo, realizara un trabajo fácil y sin accidentes. Tome en cuenta lo siguiente:

- ✓ Gradúe la altura de la cuchilla subiendo o bajando la mesa trasera según la pieza que trabajara.
- ✓ Cubra la parte del árbol porta cuchillas que no se utiliza con el cobertor automático.
- ✓ Adopte la posición correcta, para no exponerse en la zona de peligro.
- ✓ Coloque las dos manos con los dedos cerrados sobre la pieza de trabajo.
- ✓ Nunca agarre los cantos de la pieza durante el planeado.
- ✓ Espere a que el árbol deje de girar completamente antes de limpiar o extraer la viruta del tubo de aspiración. (INTECAP, 2005)

31.11.2.7. Regruesadora. La regruesadora requiere mucho cuidado al utilizarla, los rodillos deben estar colocados correctamente y el árbol porta cuchillas bien calibradas. Si aplica las medidas de seguridad y utiliza los dispositivos auxiliares respectivos para cada trabajo, realizará un trabajo fácil y sin accidentes. Tome en cuenta lo siguiente:

- ✓ Gradúe la altura de la cuchilla subiendo o bajando la mesa de la máquina, según el grosor más grande de la pieza a regruesar.
- ✓ El primer paso debe cortar lo menos posible, luego deberá graduar de 0.5 a 1 mm. de corte en cada pasada posterior, según la dureza de la madera.
- ✓ Al colocar las cuchillas, revise que los tornillos estén en buen estado, de lo contrario debe cambiarlos.
- ✓ Adopte la posición de trabajo, considerando la zona de peligro. (INTECAP, 2005)

31.11.2.8. Escuadradora. Antes de escuadrar las piezas de madera, es recomendable ponerle atención a las medidas de seguridad y el equipo de protección personal. A continuación se le recomienda aplicar las siguientes medidas de seguridad:

- ✓ Utilice equipo de protección personal.
- ✓ Revise que las revoluciones de la sierra, estén relacionadas con las del motor.
- ✓ Sujete fuertemente las piezas de madera a escuadrar, para obtener el resultado deseado.
- ✓ Apague inmediatamente la máquina al escuchar un ruido extraño en algún mecanismo de la misma.
- ✓ Levante la pieza escuadrada, hasta que haya abandonado la cuña divisora.
- ✓ Utilice el freno de seguridad, en caso de emergencia.
- ✓ Mantenga a la mano, el botón de apagado de emergencia.
- ✓ Despeje el área de la sierra de formato antes de escuadrar una pieza.
- ✓ Mantenga cerrados los dedos de la mano al empujar la pieza sobre la mesa de la máquina. (INTECAP, 2005)

31.11.2.9. Máquinas para lijado. Durante el manejo de las máquinas para lijado de piezas de madera, usted estará expuesto a partículas diminutas de polvo, que a simple vista no podrá identificar, sin embargo es conveniente que aplique las medidas de seguridad personal que se detallan a continuación.

- ✓ Utilice mascarillas cuando el polvo del lijado se vuelva molesto.

- ✓ Mantenga los dedos alejados por lo menos 4 pulgadas de los materiales abrasivos, plantillas de lija o de la garganta de la máquina, a menos que se indique otra cosa.
- ✓ Mantenga firme la pieza que esta lijando sobre la mesa o contra la guía.
- ✓ Evite utilizar la lijadora si el material abrasivo esta flojo o desgastado en exceso.
- ✓ Elabore dispositivos especiales para sostener las piezas pequeñas que va a lijar.

Durante la manipulación de las lijas, es conveniente tomar en cuenta que las partículas de oxido de aluminio o sulfato de zinc, son químicos y pueden incrustarse con facilidad en la piel, por lo que se le recomienda lo siguiente:

- ✓ Utilice guantes de protección al hacer uniones en las bandas o fajas de lija.
- ✓ Lávese las manos con agua y jabón, después de utilizar adhesivos en las uniones.
- ✓ Evite deslizar el canto de la lija en las manos, ya que presentan un aspecto cortante.
- ✓ Utilice lentes o gafas anti empañables, al trabajar en la máquina lijadora de banda. (Navarro, 2000)

31.11.2.10. Empalmes y uniones. Al realizar las operaciones de corte para empalmes y uniones, es necesario que tome en cuenta las siguientes medidas de seguridad, para evitar accidentes en el lugar de trabajo.

- ✓ Mantenga la posición del serrucho al realizar el primer corte, para no lastimarse el dedo pulgar que le sirve de guía.
- ✓ Sujete correctamente la pieza al cortar o ajustar, de tal manera que se suelten y provoquen movimientos no adecuados con el formón.
- ✓ Mantenga afilada la herramienta para hacer fácilmente los cortes.
- ✓ Utilice ropa adecuada de trabajo (batas o gabachas).
- ✓ Mantenga cerrados los dedos al hacer los cortes con el serrucho de costilla. (INTECAP, 2005)

31.12. Aplicación de acabados

Los acabados son una parte indispensable en la cadena de valor de la elaboración de un producto con valor agregado. Estos, le dan el toque final al producto para ya poder ser empacado finalmente. A continuación, breve información sobre temas asociados a como se aplican los acabados y sus procesos. (Porras, 2011)

31.12.1. Lijado de fondos. La función del lijado de fondos es la de preparar la superficie del mueble de madera para la aplicación de un acabado final, emparejando las posibles burbujas, bordes de material u otro defecto que hayan quedado durante el fondeado de la superficie. Además de esto, el lijado ayuda a mejorar la adherencia o "agarre" del acabado final en la capa de fondo, asegurando una mejor penetración del mismo. (INTECAP, 2001)

Las lijas se consiguen en una gran variedad de tipos y grados de fineza. Se deberá conocer el material de lijado, el de apoyo y el número de grano de arena, de tal forma que pueda elegir el material conveniente para su trabajo.

Esta información deberá estar impresa en la parte posterior de la hoja de lija. Debe utilizar lijas extremadamente finas, con número de grano número 400, cuando desee un acabado mate, y de número 240, cuando aplique algún tipo de laca. (Depende del número de lija, así su fineza). (Dynabrade, 1995)

El lijado puede realizarlo manualmente o a máquina. Para el lijado manual se utiliza un taco de corcho, de madera o de metal; es una técnica común en los talleres de carpintería pequeños y medianos, debido a que el acabado es exacto y detallado, especialmente en las superficies difíciles de trabajar como molduras y esquinas.

Para el lijado a máquina se utilizan lijadoras orbitales y lijadoras de bandas, colocándose el material abrasivo en discos rotativos y en bandas vibradoras. Es importante, que durante el lijado a máquina revise constantemente el disco de lija, para evitar desgastes y quemaduras en la superficie del mueble. (Dynabrade, 1995)

Figura 390: Lijadora

Fuente: http://www.directindustry.es

Para lograr un acabado final adecuado del mueble es muy importante un buen lijado, ya que de éste depende una superficie lisa y uniforme, libre de impurezas, burbujas, bordes, irregularidades o cualquier tipo de defecto que pueda provocar dificultad en la aplicación del material de acabado. Cuando lije, debe tener mucho cuidado de no desgastar los filos y las molduras de los muebles, evitando así desgastes que deformen los ángulos de los bordes. Al final del lijado, verifique cuidadosamente que no queden áreas ásperas sin lijar, sobre todo en lugares muy visibles como tableros de mesas, marcos de puertas, frentes de gavetas, etc. (Spence, 1992)

31.12.2. Tratamiento superficial. El tratamiento superficial de la madera tiene dos funciones básicas. La primera es proteger la superficie del mueble contra las inclemencias del tiempo y del uso, y la segunda, embellecer el mueble dándole una buena apariencia. (INTECAP, 2001)

La etapa de preparación de las piezas de madera es el cimiento del proceso de tratamiento superficial, ya que antes de aplicar los acabados finales, las superficies deben estar completamente limpias y libres de defectos comunes como: manchas de grasa, restos de residuos removibles (y demás materiales que se utilicen en el ensamblaje del artículo de valor agregado), humedad superficial, nudos, golpes, orificios, fisuras y otros. Estos defectos pueden ser detectados mediante revisiones visuales y al tacto, y corregidas con equipo, herramientas y materiales especiales como tacos de lijar, máquinas lijadoras, masillas, soluciones quitamanchas, tapa-poros y otras.

La simulación de antigüedad en muebles se realiza mediante distintas técnicas de envejecimiento, siendo las más importantes las de quemado, golpeteado y agujereado de muebles y las de envejecimiento químico. La primera se realiza con pirógrafos o sopletes de oxiacetileno, y consiste en carbonizar la superficie de la pieza de madera, previamente cepillada; la técnica de golpeteo consiste en golpear la superficie del mueble con una cadena o un formón; la técnica de agujereado consiste en realizar pequeños orificios con taladro, punzones finos o cepillos de cerdas de alambre fuerte, simulando superficies atacadas por polilla. El envejecimiento químico consiste en utilizar motas de pigmentos oscuros con desecadores aplicados con cepillos de dientes o de cerdas duras.Para muebles con acabados de barnices transparentes, existen técnicas en las que se aplican fondos especiales para dar una bella apariencia al mueble, siendo una de las más utilizadas la aplicación de "Glaze", lo cual da un acabado imitando gotas o burbujas de agua.

Finalmente, es muy importante tomar en cuenta los puntos críticos de control de calidad para la etapa del preparado de piezas de madera, en los cuales es necesario aumentar los esfuerzos de control para evitar defectos posteriores y asegurar un producto de calidad. (Oberflachenbehandlung, 1984)

Figura 391: Mueble de madera con aspecto antiguo

Fuente: http://decoracion.org.es

31.12.3. Aplicación de tintes. La aplicación de tintes constituye una técnica esencial para lograr la uniformidad en el color de la madera y lograr un contraste entre el color del mueble y el del ambiente en el que se instalará para su uso.

Figura 392: Muebles con color

Fuente: http://casaoriginal.com

Existen tintes de superficie y de penetración. Los primeros se utilizan para el revestimiento de las superficies de madera y no levantan la fibra; los segundos poseen una base que durante el secamiento hace que penetren en las fibras de la madera, impregnándose y al mismo tiempo levantando la fibra de la madera. Los tintes están clasificados de acuerdo a la base con la que están elaborados y por el tipo de solvente que necesitan para diluirse; existen tintes de agua, tintes de alcohol y tintes de aceite.

- ✓ Los tintes a base de agua, como su nombre lo indica, utilizan agua como solvente o diluyente, y se encuentran en el mercado en forma de polvo de diferentes colores. Son económicos, brillantes y resistentes al sol, tienen penetración profunda y uniforme, proporcionando un tono uniforme y claro.
- ✓ Los tintes a base de alcohol, como su nombre lo indica, los deberá diluir en alcohol, son de secamiento rápido y muy penetrantes en la madera. Al igual que los de agua, puede mezclarlos entre sí para aumentar la gama de tonos disponibles para trabajar. Estos tintes pierden su color rápidamente y son débiles a la luz fuerte, pero secan rápidamente.
- ✓ Los tintes a base de aceite puede disolverlos en benzol, nafta, gasolina, aguarrás o bencina. Estos tintes tienen buena penetración, son muy resistentes a la luz del sol y tienen la gran ventaja de que puede diluirlos directamente con algún tipo de laca y luego aplicarlos directamente, ahorrando así el tiempo de secado de cada producto por separado. (INTECAP, 2001)

La aplicación de los tintes puede realizarlo manualmente, utilizando wipe, muñecas y brochas, o a máquina, utilizando pistolas de pulverización. Una técnica de entintado muy

conocida es el "veteado" que consiste en imitar las vetas naturales de la madera utilizando pinceles, brochas y fibras de metal.

Figura 393: Distintas betas en la madera por aplicación de tintes

Fuente: http://www.topprintingltd.com/

Antes de la aplicación de los tintes, es necesario que prepare bien la superficie a entintar, resanando o sellando todos los poros, nudos o deformaciones naturales, y corrigiendo todos los defectos. Así mismo, siempre que termine de preparar la mezcla del tinte, antes de aplicarlo, es conveniente que realice pruebas de verificación de color en pedazos de madera de desperdicio. (INTECAP, 2001)

31.12.4. Aplicación de fondos. La aplicación de fondos debe realizarla para llenar los poros de la madera cuando un mueble ha sido elaborado con material estratificado o con madera sólida de poro abierto. También sirve como capa intermedia entre la superficie del mueble y el material para el acabado final, ayudando a lograr una mejor adherencia o "agarre" de la laca u otros acabados finales con la superficie del mueble. Al fondo puede también agregarle un material aislante para opacar la humedad de la madera, lo cual ayuda a evitar desprendimientos, grietas o rajaduras del acabado aplicado.

De acuerdo a su base, los fondos se clasifican en fondos de nitrocelulosa, fondos de poliuretano y fondos de poliéster. Por su composición, los fondos de nitrocelulosa resisten a la acción de los ácidos y a la corrosión, por lo que se les conoce como fondos anticorrosivos. Son de rápido secamiento debido a que se diluyen con thinner, lo cual también permite un mayor tiempo de utilización luego de la preparación de la mezcla con el solvente. Estos fondos son más durables y económicos que los de poliuretano. Los de poliuretano tienen la característica de poseer un buen grado de elasticidad y, por lo general, se utilizan en maderas de poro cerrado o

semi cerrado. Los de poliéster tienen un alto contenido de partículas sólidas y, por lo tanto, tienden a llenar mejor los poros de la madera. (INTECAP, 2001)

Figura 394: Fondo de poliuretano

Fuente: http://www.ipesamex.com.mx

A los fondos puede mezclarles aceleradores o catalizadores, los cuales son productos químicos que se utilizan para reducir el tiempo de secado en los productos de poliuretano. Los diluyentes más utilizados para fondos son el thinner, el aguarrás y el alcohol, y el uso de cada uno depende del componente base para el acabado. La aplicación de fondos debe realizarla mediante aspersión, utilizando una pistola de pulverización, la cual atomiza la mezcla de fondo utilizando aire comprimido de un compresor y formando un abanico pulverizado de material. Durante el fondeado, usted debe realizar dos aplicaciones de material:

- ✓ La primera capa de fondo es la que resalta los defectos que tenga el mueble, marcándose los detalles que deben ser corregidos,
- ✓ Y la segunda capa es la que sirve para cubrir los resanes que se efectuaron luego de la primera aplicación y para darle el color base al acabado final. La aplicación del segundo fondo debe realizarla en forma traslapada a la primera aplicación.

Figura 395: Pistola de pulverización

Fuente: http://www.logismarket.com.ar

Es muy importante que siempre aplique las medidas de seguridad personal y de protección ambiental durante la aplicación de fondos. (INTECAP, 2001)

31.12.5. Acabados finales. El acabado final tiene la función de proteger la superficie del mueble y generalmente cubre todas las áreas del mueble que han sido fondeadas o entintadas, formando películas de laca de hasta 0.5 mm de grueso. Proporciona brillo al mueble y refuerza el material de fondo aplicado. Es necesario que el material de acabado tenga las mismas características que las del fondo, para que no existan distorsiones entre las partículas de los materiales durante su gelatinización o posteriormente al secado.

Las pinturas están compuestas de resinas y generalmente se utilizan para recubrimientos de muebles que no tendrán un acabado final especial; se encuentran en el mercado en una variedad de tipos: pinturas acrílicas, pinturas de aceite y pinturas de agua ó de hule. Los barnices existen en una gran variedad de tipos, cada uno con distintas aplicaciones, los cuales requieren horas, y en algunos casos, hasta días para secar. Hay cuatro categorías principales de barnices: de alcohol, de aceite de linaza, de aleurita y sintéticos. La mayoría de materiales de acabado se encuentran en forma de lacas de poliuretano, de nitrocelulosa y de poliéster, cada una de ellas con características propias de resistencia al impacto, a las ralladuras, al agua, a la humedad, a la temperatura, etc. (INTECAP, 2001)

Figura 396: Laca de poliuretano

Fuente: http://latiendadelpintor.org

La aplicación de acabados casi siempre se realiza mediante la técnica de aspersión, utilizando una pistola de pulverización que atomiza la mezcla del acabado utilizando aire

comprimido y formando un abanico pulverizado que se proyecta sobre la superficie del mueble. Las técnicas de trabajo para este tipo de aplicación son las mismas utilizadas para la aplicación de tintes y fondos por aspersión. La aplicación de las lacas debe realizarse cuidadosamente buscando uniformidad en la aplicación del rociado, evitando chorreo, escurrimiento y salpicaduras, y aplicando material suficiente en las esquinas y rebordes de molduras y contornos.

Existen acabados especiales muy fáciles de realizar y que requieren técnicas especiales de aplicación, siendo los más conocidos: El veteado, el craquelado, el marmoleado y el salpicado. El primero simula las vetas naturales de la madera, el segundo da la apariencia de cáscara de huevo, el tercero simula la superficie del mármol y la cuarta da la apariencia de la piedra de granito. (INTECAP, 2001)

31.12.6. Acabados finales especiales.

La aplicación de los acabados finales especiales constituye la fase final del tratamiento superficial, en donde se utilizan pastas abrasivas y abrillantadoras para eliminar las impurezas que puedan haber caído sobre el mueble durante la aplicación de la laca, quedando el mueble brillante y listo para ser empacado. Este proceso se hace utilizando una esponja conteniendo pasta abrillantadora y haciendo movimientos circulares sobre la superficie del mueble, hasta que se observe el brillo deseado. También se puede hacer con lana de acero o con lijas de número con grano 600 a 1,000, utilizando máquinas pulidoras con discos de trapo. En el pulido a máquina, debe tenerse mucho cuidado de no rayar o desgastar la superficie del el mueble. (PEMETYC, 1992)

31.13. Empaques

Los empaques y el etiquetado de un producto de valor agregado, es muy importante para el proceso de producción de productos, ya que éste constituye en la envoltura o protección final que acompaña al producto final, brindándole al producto:

- ✓ Protección
- ✓ Comodidad
- ✓ Promoción
- ✓ Comunicación de datos importantes, entre otros.

Los temas tratados a continuación, dan una breve introducción a los empaques de valor agregado, teniendo en cuenta que la manipulación y el apilamiento del artículo también son importantes. (Porras, 2011)

31.13.1. Realización propia de empaque de cartón.

El uso de cartón para la realización de un empaque para un mueble o cualquier otro artículo final de valor agregado es muy común hoy en día. El tamaño de la caja de cartón que se utilizará como empaque final del producto, depende del tamaño del mueble. (Porras, 2011)

A continuación, pasos básicos para construir una caja de cartón para un mueble o cualquier otro artículo dependiendo de las medidas de éste:

31.13.1.1. Medir y trazar cajas para empaque.

Se deben trazar las secciones de la caja en el cartón, para luego doblar y engrapar las pestañas de la caja. Se debe tomar un pliego de cartón y utilizar las medidas del mueble como referencia, pero en realidad las medidas que se deben de aplicar son 4 cm más grandes, para que cuando el cartón este construido en todas sus dimensiones, el mueble pueda caber en dicha caja. Esta tolerancia de 4 cm, servirá para colocar esquineros de cartón o para colocar retazos de duroport, con el fin de no dejar directamente el mueble en rozamiento con el cartón.

Medir el cartón, utilizando la cinta métrica para obtener las dimensiones indicadas. Recordar que la medición debe ser lo más exacta posible para evitar desperdicios de cartón o para que no exista exceso de espacio para el mueble. (INTECAP, 2006)

Figura 397: Forma de medir la pieza de cartón antes de cortar esquinas

Fuente: INTECAP, 2006

31.13.1.2. Doblar esquinas según trazos. Luego de haber trazado en el cartón, según las medidas que se indicaron anteriormente, se debe cortar con una tijera o con una cuchilla de 4” de largo en las partes o trazos marcados con línea punteada y en las dobles líneas, sólo se debe hacer un sisado leve, el cual le servirá para doblar las pestañas de la caja.

Figura 398: Forma de cortar la pieza de cartón antes del doblado

Fuente: INTECAP, 2006

Después de hacer los cortes, se debe doblar cada pestaña hasta formar la caja de cartón, y marcar previamente los puntos donde se colocará la grapa. En cada esquina a doblar, se debe considerar 1/8” para que las esquinas no obstruyan el doblez del cartón. (INTECAP, 2006)

Figura 399: Posición de la pieza de cartón cortada antes de doblar

Fuente: INTECAP, 2006

31.13.1.3. Engrapar y colocar cinta adhesiva. Utilizar la engrapadora de pedestal o la engrapadora sencilla de mano, para colocar grapas en las esquinas de la caja. Recordar que las grapas tienen que quedar todas hacia un solo sentido y uniformemente.

31.13.1.4. Verificar la construcción de la caja. Asegurarse de no cerrar completamente la caja, porque tiene que quedar un espacio libre, donde se introducirá el mueble o artículo de valor agregado. La caja debe presentar características de rigidez, sobre todo en las esquinas para proteger el mueble de madera o artículo.

31.13.1.5. Cambiar grapas si es necesario. Revisar que las grapas de las esquinas estén bien colocadas para no incurrir en accidentes durante la manipulación de los muebles tanto por los empacadores como para el cliente.

31.13.1.6. Mantenimiento de engrapadora. Por último, se deben guardar las herramientas y proporcionarles un mantenimiento preventivo, sobre todo, en la palanca o pedal de la engrapadora de pedestal o en el gatillo de la engrapadora de mano, este mantenimiento se debe realizar aplicando unas gotas de aceite o grasa, en las partes móviles del equipo.

31.13.2. Empacado de muebles de madera. Como parte importante del empaque de un mueble de madera, se debe aprender a elaborar y colocar etiquetas en las cajas de cartón de un mueble o cualquier otro artículo empacado.

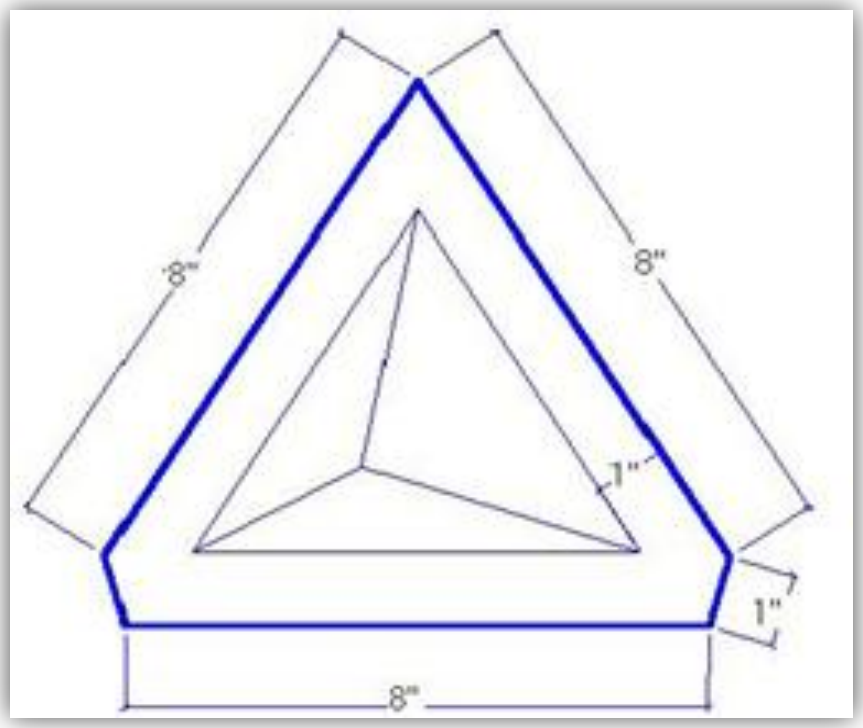
31.13.2.1. Medir y trazar cartón, nailon y duroport. De acuerdo a las medidas del mueble, se deben de empacar las piezas individuales con nailon, duroport o microfom, esto permite que no se raye una con otra cuando esté en el interior de la caja. (INTECAP, 2006)

31.13.2.2. Cortar nailon, cartón y duroport para las diferentes formas. Cortar el cartón, nailon o duroport, según las medidas anteriormente mencionadas, utilizando una tijera, una cuchilla o un formón de ¾", verificar el corte de tal manera que no queden excesos de materiales.

31.13.2.3. Realizar cortes especiales en esquinas con material de duroport. Si fuera necesario, se pueden realizar cortes especiales en las esquinas de las piezas de cartón, este corte especial puede ser un corte leve de tal manera que quede cizado.

31.13.2.4. Armar las diferentes piezas de empaques. Introducir el mueble en la caja de cartón, previamente elaborada, para lo cual es necesario que se construyan unos esquineros de cartón, con los retazos obtenidos, o simplemente se pueden colocar pedazos de duroport en el interior (de preferencia en las esquinas) tratando de llenar el espacio vacío que se le dio de tolerancia a la caja.

Figura 400: Forma de un esquinero para cajas de cartón



Fuente: INTECAP, 2006

31.13.2.5. Engrapar y colocar cinta adhesiva a las diferentes piezas de empaque. El siguiente paso es sellar con cinta adhesiva de 2” de ancho, para lo cual, se debe utilizar el dispensador, con el que se hace un trabajo eficiente, para después colocar la etiqueta respectiva.

Figura 401: Sellar con cinta

Fuente: INTECAP, 2006

31.13.2.6. Verificar la calidad del armado de las piezas de empaque. Verificar las esquinas de las cajas de cartón, de tal manera que hayan quedado bien selladas y no presenten áreas dobladas. En este caso la caja de cartón que contiene el mueble debe quedar lo más rígida posible.

Figura 402: Empaque de esquinas

Fuente: INTECAP, 2006

31.13.2.7. Realizar y colocar etiqueta en área específica. Para elaborar la etiqueta, tomar un segmento de cartulina blanca, trazar líneas guías y diseñar la codificación respectiva del mueble o artículo, que por lo general, incluye:

- ✓ Nombre del mueble (modelo)
- ✓ Nombre del cliente
- ✓ Unidad permitida de esquivamiento
- ✓ Forma correcta de apilado, etc.

Luego para la colocación utilizar goma o cola blanca, aplicarla en la parte de atrás de la etiqueta elaborada, acercarle a una esquina superior visible de la caja y pegarla tratando que no quede torcida. Esto sirve para identificar el producto de valor agregado. (INTECAP, 2006)

Figura 403: Etiquetado

Fuente: INTECAP, 2006

31.13.4. Manipulación de muebles de madera. En los pasos siguientes, encontrará una guía básica para la correcta manipulación de muebles de madera:

31.13.4.1. Sujetar muebles de madera en partes en las que no se dañe el mueble. Sujetar el mueble empacado para realizar la manipulación de muebles, sin utilizar equipo alguno. Esta técnica de manipulación es aquella donde un individuo o con la ayuda de otro compañero, se levanta un mueble sin empacar, y se coloca en una mesa de trabajo para empaque o en un área de almacenamiento. Recordar que en esta técnica de manipulación se tienen que poner de acuerdo para realizar los movimientos en forma equilibrada.Antes de manipular el mueble se debe preparar el área de colocación con polines o tarimas de madera así como, alejar cualquier obstáculo que pueda perturbar el paso.

31.13.4.2. Levantar muebles, manteniendo el equilibrio de los mismos. Sujetar los muebles de madera empacados para movilizarlos de un lado para otro o para cargarlos al transporte definido, manteniendo el equilibrio según el tamaño del mueble.

31.13.4.3. Transportar piezas y muebles empacados a su área respectiva. Utilizar el pallet para movilizar las cajas hacia el lugar destinado, manteniendo la posición correcta para que el mueble no se lastime.

Figura 404: Pallets

Fuente: INTECAP, 2006

31.13.4.4. Colocar muebles en el área asignada. Colocar los muebles en el área asignada de tal manera que no estropee el paso peatonal. (INTECAP, 2006)

31.13.5. Apilamiento de muebles de madera

31.13.5.1. Despejar área de apilado. Limpiar y ordenar el área donde se colocará las pilas de cajas con las tarimas, este lugar debe estar libre de humedad, con buena iluminación y ventilación para evitar el deterioro del cartón.

31.13.5.2. Colocar tarimas. Colocar tarimas, verificando que estén en buen estado o que no presenten rajaduras.

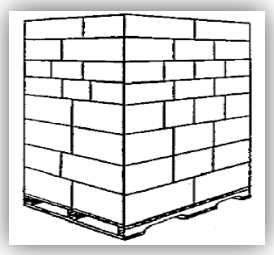
Figura 405: Tarima en buen estado

Fuente: INTECAP, 2006

31.13.5.3. Apilar piezas y muebles según las normas establecidas

Colocar las tarimas a menos de 1 metro de altura, para seguridad de las personas y del operador de montacargas cuando las movilice para otro lado.

Figura 406: Apilado de tarimas



Fuente: INTECAP, 2006

31.13.5.4. Revisar el apilado. Revisar el apilado de muebles utilizando el montacargas. Se deben colocar las cajas de cartón en las uñas del montacargas mediante el uso de polines de madera, de manera que no se caigan las cajas.

31.13.5.5. Acondicionar nuevamente si fuere necesario. Colocando las cajas en forma segura para mantener la seguridad de las personas y verificando el posicionamiento en las paletas del montacargas antes de que se movilice a un lugar distinto. (INTECAP, 2006)

32. EXPORTACIÓN

Exportación se refiere a la acción y efecto de exportar o vender mercancías en otro país. Estas mercancías pueden ser bienes o servicios que se envían a países extranjeros con fines comerciales. El envío puede realizarse por diferentes vías de transporte las cuales pueden ser terrestre, marítima o aérea.

Figura 407: Productos forestales para exportación

Fuente: http://www.camaraaduanera.cl

Comúnmente se hace referencia al tráfico legítimo de mercancías y servicios, de manera que las condiciones están regidas por la legislación del país desde donde se exporta el bien o servicio y del país que importa o recibe los mismos. Las EXPORTACIÓNes no pagan impuestos, pero es normal que los países incluyan impuestos de importación, de manera que no se perjudique el comercio de los productos locales. Se debe de tener especial cuidado al momento de pactar el costo y el lugar de entrega de las EXPORTACIÓNes, para esto la Cámara de Comercio Internacional (CCI) desarrollo los "incoterms", los cuales son aceptados mundialmente como las normas que definen las condiciones de entrega de los productos. Los "incoterms" definen las responsabilidades que tienen el vendedor y el comprador y regulan cuatro aspectos. (INVESCA, 2006)

- ✓ Entrega de mercancías
- ✓ Transmisión de los riesgos
- ✓ Distribución de los gastos
- ✓ Trámites de documentos aduaneros

Figura 408: Puerto de embarque para EXPORTACIÓNes

Fuente: http://www.todoelcampo.com

32.1. Inscribirse como exportador

Según el Ministerio de Economía, el primer paso para poder realizar una exportación es estar legalmente constituido mediante la inscripción de la empresa, ya sea individual o jurídica, únicamente estos dos tipos de empresas pueden exportar. Para estar legalmente constituido debe haber realizado las siguientes gestiones.

- ✓ Inscribir la empresa en el Registro Mercantil.
- ✓ Inscribir la empresa en la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT). Es importante que el Registro Tributario Unificado (RTU) o Número de Identificación Tributaria (NIT) tenga el nombre de la empresa de la patente de comercio, pues es a este nombre que saldrá la licencia de exportación. (OVALLE, 2011)

32.1.1. Registro en INAB. Para poder importar o exportar cualquier producto forestal le empresa se debe inscribir como tal, ante el Instituto Nacional de Bosques (INAB). El formulario que se debe llenar es el de "REGISTRO DE EXPORTADORES E IMPORTADORESDEPRODUCTOSFORESTALES", el cual se puede encontrar en el sitio Web del INAB, en el apartado del Registro Nacional Forestal. (Ver Apéndice "Capítulo 32")

El Registro Nacional Forestal (RNF) tiene como objeto regular los procedimientos para inscripción y actualización de datos del sector forestal. En este apartado se puede encontrar todos lo referente a funcionamiento y procedimientos de inscripción. Para llevar a cabo el registro de debe presentar lo siguiente:

- ✓ Formulario de "REGISTRO DE EXPORTADORES E IMPORTADORESDE PRODUCTOS FORESTALES", debidamente lleno.
- ✓ Fotocopia de la patente de comercio autenticada con la especificación clara del objeto del negocio como actividad forestal, dirección exacta del sitio de funcionamiento (si es sucursal debe contar con su propia patente de comercio).
- ✓ Fotocopia del carné del Numero de Identificación Tributaria (NIT).
- ✓ Fotocopia de Cedula de Vecindad o DPI del propietario o representante legal de la empresa, que en su caso debe llevar fotocopia del respectivo nombramiento.

El ingreso de los expedientes debe realizarse a través de las direcciones regionales o subregionales del INAB de su jurisdicción, es importante notar que se adquiere el compromiso de actualizar periódicamente la información cada tres años.

Una vez el INAB ha recibido la papelería, programara una visita de campo en la cual un técnico inspecciona y revisa la autenticidad de los datos presentados. El técnico luego emitirá una contraseña para reclamar la constancia de inscripción del lugar. INAB conducirá una investigación durante un plazo de ocho días, dos días después de concluir la investigación INAB entregara la autorización. Solo aquellas empresas o personas individuales o jurídicas que tengan la calidad de activo en el Registro Nacional Forestal, podrán ejercer la actividad para la que fueron inscritos y gozara de los derechos que tal calidad les otorga. (INAB, 2011)

32.1.1.1. ¿Quiénes se deben registrar? El INAB dicta que cualquier empresa del sector forestal, entre los cuales se comprenden carpinterías, aserraderos móviles y

estacionarios, destiladores de resina,impregnadoras, procesadoras de celulosa y papel, fábricas de productos semi o totalmenteelaborados y otras empresas similares que utilicen materias primas forestales y deseen exportar sus productos se deben registrar.

32.1.1.2. ¿Cómo actualizo mis datos? Para actualizarse solamente se debe llenar el formulario de "REGISTRO DE EXPORTADORES E IMPORTADORES DE PRODUCTOS FORESTALES" con la información actual y entregarlo en las direcciones regionales o subregionales del INAB, ya no es necesario presentar la documentación de la empresa nuevamente. (INAB, 2011)

32.1.2. Registro en CONAP. Para poder exportar productos forestales de áreas protegidas se debe solicitar un permisoespecial en el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP). Esto quiere decir que además de estar inscritocomo "Exportador e Importador de Productos Forestales" en el INAB, deberá estar inscrito en el CONAP como "Empresa Comercializadorade Flora y Fauna Silvestre a Nivel Nacional e Internacional". Los requisitos pararegistrarse según CONAP (2011) son los siguientes:(Ver Apéndice "Capítulo 32")

- ✓ Solicitud de registro para personas individuales o jurídicas que se dediquen a la comercialización de flora y fauna silvestre a nivel nacional e internacional, debidamente llena, firmada y sellada.
- ✓ Formulario único de solicitud de trámite ante CONAP.
- ✓ Fotocopia de cédula de vecindad del representante legal de la empresa o sociedad.
- ✓ Acta constitutiva de la sociedad (si existe); registrada en el Registro Mercantil.
- ✓ Acta de nombramiento de representante legal debidamente inscrito en el registro general de la propiedad.
- ✓ Patente de comercio de empresa.
- ✓ Patente de comercio de sociedad (si existe).
- ✓ Constancia de inscripción al Registro Tributario Unificado.
- ✓ Último balance de la empresa.
- ✓ Certificación del registro de la propiedad inmueble resiente (máximo 6 meses), contrato de arrendamiento (si fuera el caso), y copia de la escritura pública o certificación de posesión extendida por la municipalidad.

Es importante saber que todo expediente debe estar debidamente foliado y que los documentos que se presenten en fotocopia deben estar legalizados. (CONAP, 2011)

32.1.3. Registro en la VUPE (solicitud de código de exportador).

Una vez se ha inscrito en el INAB y CONAP (si aplica), se debe dirigir a la Ventanilla Única para EXPORTACIÓNes (VUPE), donde debe solicitar su código de exportador. Para solicitar el código se debe presentar el formulario de "SOLICITUD PARA CODIGO DE EXPORTADOR". Este se lo proporcionan en la VUPE o la puede bajar de la página de AGEXPORT en el apartado de Ventanilla Única en la opción de Documentos Públicos. (Ver Apéndice "Capítulo 32")

Según COFAMA (2011) se debe entregar el formulario de "SOLICITUD PARA CODIGO DE EXPORTADOR" debidamente lleno y adjuntar la siguiente documentación:

- ✓ Si es empresa jurídica (sociedad anónima):
  - Patente de comercio de la sociedad.
  - Fotocopia del nombramiento de representante legal inscrito en el registro mercantil.
  - Fotocopia de la constancia de inscripción en el registro tributario (NIT).
  - Fotocopia de cédula de vecindad, DPI o pasaporte del representante legal.
  - Factura anulada.
  - Sello de la empresa (debe contener nombre, dirección y números de teléfono).

- ✓ Si es una Empresa Individual:
  - Fotocopia de patente de comercio de la empresa.
  - Fotocopia de inscripción en el registro mercantil.
  - Fotocopia de la constancia de inscripción en el registro tributario (NIT).
  - Fotocopia de la cédula de vecindad, DPI o pasaporte del propietario de la empresa.
  - Fotocopia de factura anulada.

La documentación se debe presentar en la VUPE debidamente sellada y firmada por el propietario o representante legal. El trámite dura alrededor de 30 minutos y luego se entrega la constancia del código de exportador, este código se utilizara en todos los trámites de solicitud de permisos de exportación que se realicen. (VUPE, 2011)

32.2. Trámites de licencia

Todas las EXPORTACIÓNes deben llevar su declaración para registro y control de EXPORTACIÓNes. La siguiente documentación es la que se debe entregar en la VUPE para poder solicitar una licencia de exportación de productos forestales.

- ✓ Formulario de "SOLICITUD DE EXPORTACIÓN" (FAUCA o DEPREX) debidamente lleno. (Ver Apéndice "Capítulo 32")
- ✓ Formulario de "SOLICITUD DE EXPORTACIÓN DE PRODUCTOS FORESTALES" debidamente lleno. (Ver Apéndice "Capítulo 32")
- ✓ Copia de la factura comercial.
- ✓ Copia de la lista de empaque.
- ✓ Documentación que ampare el origen lícito de los productos a exportar.
- ✓ Comprobante de pago del servicio de impresión de licencia.

32.3. Solicitud de exportación

Existen dos tipos de "SOLICITUD DE EXPORTACIÓN" entre los cuales de debe escoger cual es el adecuado según el país de destino de la exportación.

32.3.1. FAUCA (Formulario aduanero único centroamericano).

Este formulario se utiliza únicamente cuando se desee exportar productos a algún país de Centroamérica.

32.3.2. DEPREX (Declaración para registro y control de EXPORTACIÓNes).

Este formulario se utiliza cuando se desee exportar a algún país que no sea Centroamérica, es decir, el resto del mundo.

32.3.3. Solicitud de exportación de productos forestales.

El formulario "SOLICITUD DE EXPORTACIÓN DE PRODUCTOS FORESTALES", también puede solicitarse en la VUPE. Es muy importante identificar los datos generales del solicitante

correctamente, así como especificar el producto y volumen a exportar, datos de la factura y destino de la exportación.

32.3.4. Documentación que ampare el origen lícito de los productos.

La documentación que ampare el origen lícito de los productos a exportar es muy importante, estos documentos pueden ser cualquiera de los siguientes mencionados según sea el caso.

32.3.4.1. Nota de Envío de Bosque.

Estas notas de envío son emitidas por en INAB como la verificación de procedencia de los productos forestales dentro del territorio nacional, con excepción de los productos forestales que provienen de áreas protegidas.

32.3.4.2. Guías de transporte.

La guía de transporte es el documento oficial que acredita el origen legal de especímenes, partes o derivados de la vida silvestre emitida por el CONAP como la verificación de la procedencia de los productos forestales que provienen de áreas protegidas.

32.3.4.3. Póliza de importación.

En el caso de que el producto de origen forestal fuera importado, debe presentar una copia de la póliza de importación con la cual ingreso el producto al país.

32.4. Documentación de la carga

La “Guía para Exportar” de la Cámara de Comercio de Guatemala especifica los documentos que deben acompañar a la exportación en todo momento.

32.4.1. Factura comercial.

Toda importación debe ser amparada por una factura comercial, incluso si la mercadería se vende sin un valor comercial, esta se debe presentar en original y con el número de copias solicitadas por el importador, usualmente se recomienda que se emita en inglés y en español para agilizar los trámites en países donde el idioma sea diferente al español. La factura puede ser elaborada en quetzales o en dólares, siempre y cuando refleje dentro de la misma el tipo de cambio utilizado y la cantidad total en dólares. No es posible

utilizar dos DEPREX y/o FAUCAS para una sola factura en el caso que no alcanzara el detalle de mercancías de un documento de exportación. Debe tomarse en cuenta que el límite de líneas tanto para un FAUCA como un DEPREX es de 10, por solicitud de exportación. Se puede optimizar el espacio agrupando las mercaderías por partidas arancelarias. (COFAMA, 2011)

32.4.2. Lista de empaque. Este documento guarda estrecha relación con la factura y normalmente la acompaña en todo momento, al igual que la factura debe ser tan detallada como sea posible. Este documento permite al exportador, comprador, agente aduanal, transportista o compañía de seguros identificar la mercadería y conocer que contiene cada caja o bulto. (COFAMA, 2011)

32.4.3. Solicitud de exportación (FAUCA O DEPREX). Se refiere al formulario de "SOLICITUD DE EXPORTACIÓN", para obtener la licencia de exportación. Dependiendo de cuál sea el país de destino para la exportación, se utiliza FAUCA para Centroamérica y DEPREX para el resto del mundo. Todas las EXPORTACIÓNes están sujetas a ser declaradas por medio de SEADEX. (COFAMA, 2011)

32.4.4. Certificados de origen. Este documento prueba que los productos son de origen Guatemalteco, el cual es certificado por la Cámara de Comercio. Este documento es necesario en caso de que el importador lo solicite. Los países que solicitan estos certificados son la Unión Europea, Estados Unidos, Puerto Rico, Colombia, Venezuela y Cuba, estos se solicitan en la Ventanilla Única para las EXPORTACIÓNes en su oficina central. (COFAMA, 2011)

32.4.5. Certificados fitosanitarios. Estos documentos se tramitan en la Ventanilla Central, llenando una solicitud para el efecto, próximamente empresas inscritas a SEADEX podrán solicitarlos por vía electrónica. Los certificados fitosanitarios funcionan como una constancia de que el material inspeccionado está exento de plagas, emitido por el MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación).

Para gestionar este certificado, se debe presentar con el formulario una carta timbrada de parte de un ingeniero agrónomo colegiado activo, en la cual hace constar que el producto está libre de plagas. De igual manera se debe realizar una fumigación de los productos a exportar y presentar un certificado de fumigación. (COFAMA, 2011)

32.4.6. Certificados CITES. Por cada exportación de productos forestales que se realice, se debe solicitar ante el CONAP la emisión de un Certificado CITES, Según CONAP (2011) para esto debemos presentar la siguiente documentación en la Ventanilla Única de CONAP: (Ver Apéndice “Capítulo 32”)

32.4.6.1. Únicamente en la primera solicitud.

- ✓ Fotocopia de cédula del representante legal de la empresa comercializadora de flora maderable.
- ✓ Fotocopia de resolución emitida por CONAP donde se autoriza la inscripción de la empresa como comercializadora de flora maderable para la especie solicitada. Si la especie a exportar no se contempló en dicha resolución, incluir también la resolución emitida por CONAP donde se autoriza la ampliación de la empresa para poder exportar esa especie.
- ✓ Fotocopia de constancia de inscripción vigente en el Registro Nacional Forestal como “Exportador e Importador de Productos Forestales”, extendida por el INAB.
- ✓ Fotocopia de constancia de inscripción en el Registro Nacional Forestal del INAB como “Deposito Forestal”. Este requisito deberá ser incluido para las industrias forestales que almacenen la madera solicitada para exportar.
- ✓ Fotocopia de constancia de inscripción vigente en el Registro Nacional Forestal como “Industria Forestal”, extendida por el INAB. Este requisito deberá ser incluido para la o las industrias forestales que efectúen el aserrío de la madera solicitada para exportar.
- ✓ Fotocopia de resolución de aprobación de porcentaje de rendimiento de aserrío y re-aserrío emitida por el INAB, a favor de la, o las Industrias Forestales que efectúen el aserrío de la madera solicitada para exportar.
- ✓ Carta poder del representante legal de la empresa comercializadora que autoriza la entrega del certificado CITES a cierta persona con firma legalizada por un notario, en el caso de un cambio de representante legal deberá justificar la representación legal de la empresa con los documentos que acrediten la misma.
- ✓ La madera a exportar (provenga o no de áreas protegidas), debe provenir de una unidad de manejo o finca en donde se cuente con un plan general de manejo para el aprovechamiento de esa madera.

32.4.6.1.1. Para madera que proviene de áreas protegidas.

- ✓ Fotocopia de resolución emitida por CONAP donde se autoriza el plan general de manejo forestal de la unidad de manejo donde se extrajo la madera a exportar.
- ✓ Fotocopia de resolución emitida por CONAP donde se autoriza el plan operativo anual forestal, del año de la licencia forestal que ampara el aprovechamiento de la madera a exportar.
- ✓ Fotocopia de licencia forestal emitida por CONAP, que ampara el aprovechamiento de la madera a exportar.

32.4.6.1.2. Para madera que proviene fuera de áreas protegidas

- ✓ Fotocopia de licencia forestal emitida por INAB, que ampara el aprovechamiento de la madera a exportar.
- ✓ Fotocopia de resolución del plan operativo anual emitida por INAB, donde se autoriza el plan de manejo forestal de unidad de manejo o finca donde se extrajo la madera a exportar.

32.4.6.1.3. Para madera que proviene de plantaciones voluntarias y sistemas agroforestales

- ✓ Cuando la madera a exportar proviene de plantaciones voluntarias y sistemas agroforestales exentos de licencia forestal, debidamente registrados en el INAB deberá presentar un inventario forestal el cual será evaluado por personal técnico deCONAP e INAB previo a la emisión del certificado CITES.

32.4.6.2. Los requisitos para cada solicitud son

- ✓ Formulario de solicitud para permiso de exportación e importación de vida silvestre, productos y subproductos, debidamente lleno y firmado.
- ✓ Formulario único de solicitud de trámite ante CONAP firmado y sellado por la empresa comercializadora.

- ✓ Fotocopia de la factura extendida al destinatario final, en la cual se debe detallar además del volumen de venta, y la cantidad del monto en dólares americanos, la calidad de la madera exportada.
- ✓ Fotocopia de facturas de compra de madera y/o por servicio de corte de madera.
- ✓ Notas de envío de empresa utilizadas para transportar la madera a exportar, entre industrias, empresas, hasta el puerto de embarque, o puesto fronterizo.

32.4.6.2.1. Para madera que proviene de áreas protegidas

- ✓ Guías de transporte originales y sus fotocopias, que respalden el traslado desde elbosque de la madera a exportar. Si fuera el caso, fotocopias razonadas con laconsignación de saldo, ya sea por haber sido utilizada para exportar otra especie, osaldos de solicitudes anteriores de permisos CITES.
- ✓ Carta inicial donde se indique a que licencia o licencias se respalda la madera, que industrias forestales efectuaron el proceso de aserrío y otras particularidades; o incluirlo en el formulario.

32.4.6.2.2. Para madera que proviene fuera de áreas protegidas

- ✓ Notas de Envío de Bosque originales, y fotocopias; y/o fotocopias razonadas con laconsignación de un saldo, ya sea por haber sido utilizada para exportar otra especie, osaldos de solicitudes anteriores de permisos CITES.

COFAMA (2011) determina que cuando el Certificado CITES ha sido firmado por la autoridad administrativa, se debe notificar al CONAP mediante un oficio firmado y sellado por el representante legal de la empresa con el cual debe ir el “Formulario 63A”, que acredita el pago de la inspección según el cuadro tarifario vigente de CONAP definiendo el lugar, fecha y hora a realizar la inspección, además del quien representara a la empresa durante la inspección. La inspección se debe realizar por parte del personal técnico del CONAP al cual debe acompañar el representante de la empresa anteriormente mencionado. En la inspección se corroborara que el tipo de producto y el volumen de la madera sea el que se especifico en el Certificado. El volumen se determina realizando una cubicación en base a la “Guía Práctica para Cubicación de Madera” del INAB. Durante la inspección se completa una boleta que sirve de base para el procesamiento de la información, que debe ser firmada y sellada por el representante de la empresa que

acompañe la inspección. Al terminar la inspección se coloca el machambro a los contenedores que transportan la madera al destinatario final.

Al momento de realizar el marchamado del contenedor o furgón que transportará la madera al destinatario final, se hará entrega del Permiso/Certificado CITES y Certificado de inspección en el caso que el contenedor vaya a ser trasladado de la planta de la empresa al puerto de salida. Es responsabilidad del inspector lo consignado en la boleta y en el certificado de inspección, así como realizar el informe de la inspección.

32.5. Fumigaciones en caso de embalaje

El Acuerdo Ministerial 2055-2004 del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), define un embalaje de madera como madera o productos de madera (excluyendo los productos de papel) utilizados para sujetar, proteger o transportar un envío. Lo anterior incluye tarimas, madera estribada, jaulas, bloques, barriles, cajones, tablas para carga, collarines de tarimas y calces, embalajes que pueden acompañar a casi cualquier envío, incluso envíos que normalmente no sean objetos e inspección fitosanitaria. El embalaje de madera en bruto es considerado como uno de los medios principales en el traslado de plagas de interés cuarentenario. Guatemala es parte de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (IPPC), que reglamenta el embalaje de madera utilizado en el comercio internacional, donde se describen las medidas fitosanitarias para reducir el riesgo de introducción y/o diseminación de plagas cuarentenarias asociadas al embalaje fabricado de madera en bruto, que es aquella madera que no ha sido procesada ni tratada.

Figura 409: Embalaje de madera

Fuente: www.logismarket.com

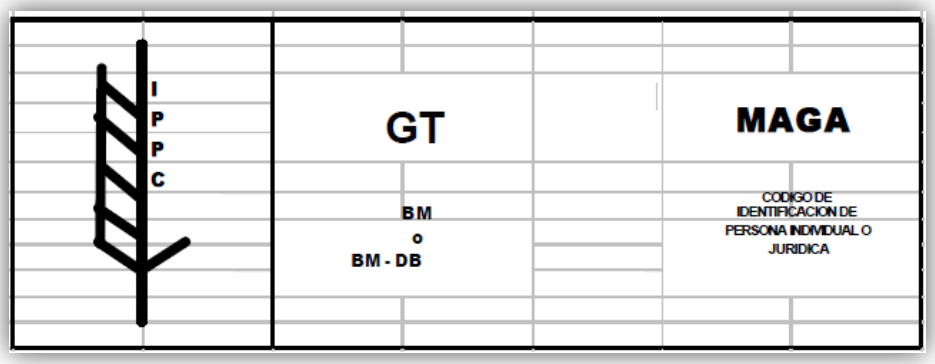
El “Certificado de Tratamiento” es el documento oficial emitido por MAGA para hacer constar la aplicación del tratamiento químico o térmico, según corresponda a los embalajes de madera. Los certificados de tratamiento pueden ser emitidos por toda persona individual o jurídica que realice tratamientos químicos y/o térmicos a embalajes de madera en bruto que estén registrados activamente en el MAGA. Para obtener un “Certificado de Tratamiento” se debe entregar al personal del MAGA la siguiente documentación:

- ✓ Solicitud de certificado de tratamiento a embalajes de madera por lote tratado.
- ✓ Constancia emitida por el ingeniero agrónomo, colegiado activo y nombrado por la empresa como responsable del tratamiento.

Todos los embalajes de madera tratados deben ser marcados con un sello, el cual debe colocarse en un ligar visible, en al menos dos de los lados opuestos del embalaje y debe tener las características siguientes:

- ✓ Dimensiones de 5.5 centímetros de ancho y 13 centímetros de largo (variable dependiendo el tamaño del embalaje).
- ✓ La impresión debe ser en color negro.
- ✓ El sello está dividido en dos paneles, izquierdo y derecho. El panel izquierdo muestra el logotipo de IPPC y el panel derecho muestra el código que identifica a Guatemala (GT), las siglas MAGA, el código de tratamiento utilizado y el código de identificación de la persona individual o jurídica responsable de la aplicación del tratamiento.

Figura 410: Sello que certifica el tratamiento del embalaje



Fuente: MAGA, 2004

Los códigos de los tratamientos utilizados son los siguientes:

Tabla 99: Código que identifica el tratamiento

Código	Tratamiento
BM	Tratamiento químico utilizando bromuro de metilo.
BM-DB	Tratamiento químico utilizando bromuro de metilo de madera previamente descortezada.
TT	Tratamiento térmico.
TT-DB	Tratamiento térmico de madera previamente descortezada.

Fuente: Elaboración propia 2011 datos MAGA, 2004

Los tratamientos avalados por el MAGA para embalajes de madera son el tratamiento químico (bromuro de metilo) en cámaras fijas, el tratamiento químico (bromuro de metilo) aplicación bajo carpa y el tratamiento térmico. Los tratamientos químicos deben cumplir con las siguientes condiciones:

Tabla 100: Duración del tratamiento según las características

Temperatura	Dosis (g/m^3)	Registros mínimos de concentración (g/m^3) durante:			
		30 minutos	2 horas	4 horas	16 horas
21° C o mayor	48	36	24	17	14
16° C o mayor	56	42	28	20	17
11° C o mayor	64	48	32	22	19

Fuente: Elaboración propia 2011 datos MAGA, 2004

El tratamiento térmico debe cumplir con que el embalaje de madera sometido a tratamiento térmico, debe estar fabricado a partir de madera descortezada y debe calentarse conforme a una

curva de tiempo/temperatura específica. Esta temperatura es mediante la cual el centro de la madera alcance una temperatura mínima de 56° C durante un periodo mínimo de 30 minutos. Ambas técnicas deben cumplir con las especificaciones de equipo e instalaciones especificadas en el Acuerdo Ministerial 2055-2004 del MAGA. (MAGA, 2004)

32.5.1. Especificaciones Centroamérica.

Si los embalajes son utilizados para exportar dentro de Centroamérica, no es necesario aplicar tratamiento, dado a que las plagas u hongos son los mismos de toda la región.

32.5.2. Especificaciones resto del mundo.

Si los embalajes son utilizados para exportar dentro al resto del mundo, es totalmente necesario aplicar tratamiento, dado a que las plagas u hongos son distintos y se puede propiciar el contagio a una nueva región.

32.6. Normativa legal

32.6.1. INAB

- ✓ Se prohíbe la exportación de madera en troza rolliza o labrada y de madera aserrada de dimensiones mayores de once centímetros de espesor, sin importar su largo y ancho, excepto:
  - Postes, pilotes, durmientes y bloques impregnados a presión.
  - Productos de plantaciones voluntarias registradas en INAB.
  - Partes de muebles y piezas con valor agregado.
- ✓ Quien exporte madera de especies protegidas o de dimensiones prohibidas, que no provengan de plantaciones voluntarias será sancionado con prisión de 3-6 años y tendrá una multa equivalente al valor de la madera a exportar según el artículo 100, decreto 101-96 Ley Forestal.
- ✓ Quien exporte productos forestales con documentación adulterada será sancionado de la siguiente manera según el artículo 94, decreto 101-96 Ley Forestal:
  - De 1-5 metros cúbicos, multa equivalente al 25% del valor extraído.
  - Más de 5 metros cúbicos, con prisión de 1-5 años y multa equivalente al 50% del valor extraído.

32.6.2. CONAP

- ✓ Se prohíbe la exportación de trozas, y madera aserrada con grosor mayor a 11 cm. de espesor.
- ✓ Para Cedrelaodorata L, Dalbergiaretusa Helms y Dalbergiastevensonii Standl: se deberá solicitar certificado CITES, para madera aserrada, y láminas de chapa de madera, únicamente.
- ✓ Para Swieteniahumilis Zuccarini se podrá solicitar certificado CITES para todo tipo de producto maderable.
- ✓ Para Swieteniamacrophylla King se podrá solicitar certificado CITES para madera aserrada, láminas de chapa de madera y madera contrachapada.
- ✓ Para madera proveniente de Licencias tanto de INAB como de CONAP con dos años de haber sido emitidas, deberán presentar un informe trimestral de madera acopiada en la industria o depósito.
- ✓ Los empresarios que exporten madera proveniente de Unidades de Manejo o Fincas que no son propias deberán presentar la factura de compra de la madera a exportar.
- ✓ La solicitud del certificado/permiso, debe ir en función del volumen real de madera y no el comercial. El volumen real debe incluir la demasía. (CONAP, 2011)

33. CERTIFICACIÓN

La certificación, es el procedimiento mediante el cual una tercera parte diferente e independiente del productor y el comprador, asegura por escrito que un producto, un proceso o un servicio, cumple los requisitos especificados. Es un elemento insustituible, para generar confianza en las relaciones cliente-proveedor. El objetivo primario y esencial, es proporcionar los criterios que aseguren al comprador que el producto que adquiere satisface los requisitos pactados, lo cual la convierte en una herramienta muy valiosa en las transacciones comerciales nacionales e internacionales.

Una certificación se crea cuando una industria o sector, conforman estándares internacionales que se refieren a un acuerdo de criterios y especificaciones que se deben aplicar constantemente en la clasificación de los materiales, la manufactura y distribución de los productos, los exámenes y análisis que se deben aplicar, la terminología empleada y la provisión de servicios. Lo anterior, con el fin de proveer un marco de referencia o un lenguaje técnico común entre proveedores y clientes, que facilite el comercio y la transferencia de información y tecnología en el medio.

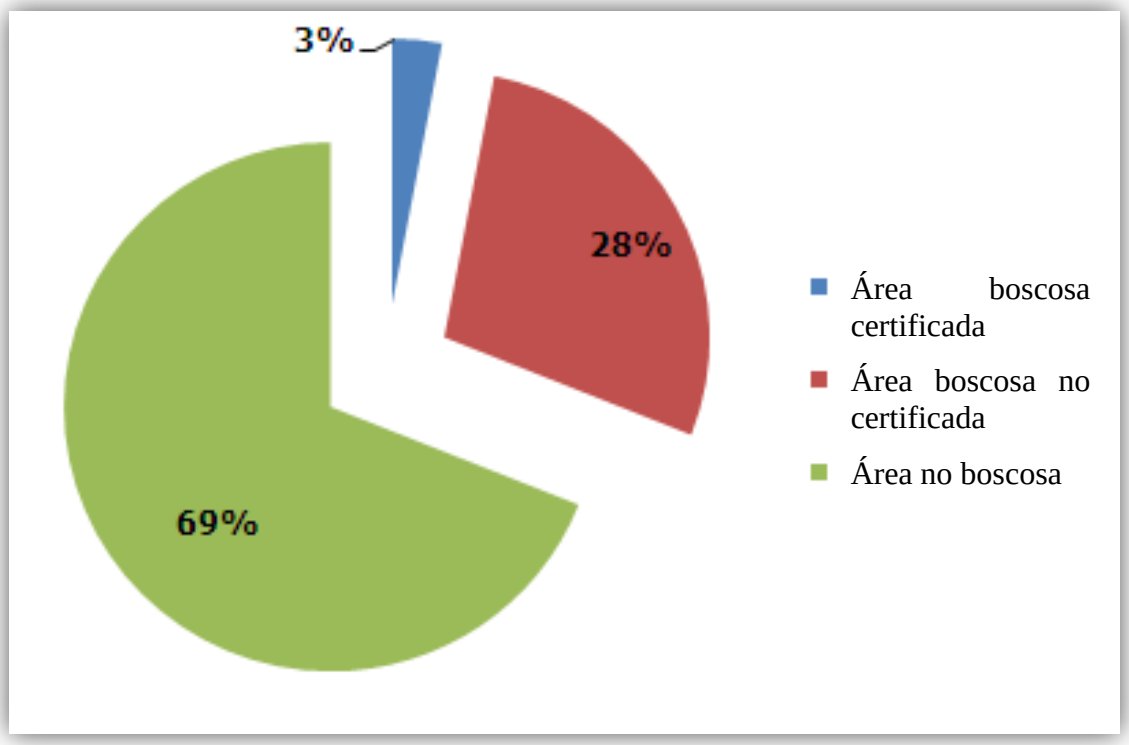
Figura 411: Factor social, económico y ambiental

Fuente: http://ingenieria-ambiental.com

La mayoría de las certificaciones existentes intentan hacer un balance entre el factor social, económico y ambiental. Estas se diferencian unas de otras en cuanto al énfasis que se les da, pues algunas otorgan mayor importancia a algún factor de estos. Entre las certificaciones forestales más importantes a nivel internacional encontramos FSC, PEFC y SFI, además es posible aplicar certificaciones de calidad y medio ambiente, comúnmente encontramos las certificaciones ISO. Por lo general, las certificaciones propiamente forestales son mayormente utilizadas para certificar bosques o plantaciones y las industrias de procesamiento utilizan certificaciones ambientales y de calidad.

El 31% de la superficie de tierra en el mundo se considera área boscosa, de la cual menos del 10% de los bosques en el mundo están certificados. La certificación voluntaria nació en los años noventa como respuesta a la preocupación del mercado acerca del manejo forestal y la tala ilegal, principalmente en países en vías de desarrollo. Canadá posee el 40% del total de bosques certificados en el mundo. (WWF, 2011)

Gráfica 13: Distribución de bosques en la superficie terrestre



Fuente: Elaboración propia, 2011 basada en WWF, 2011

El incentivo para que las empresas se certifiquen es puramente mercadológico, con fines de diferenciación de productos. Una certificación comunica a los clientes que la empresa utiliza procesos social, ambiental y económicamente sostenibles. El proceso de implementación suele ser costoso, sin embargo, debe considerarse como una inversión ya que por lo general el mercado está dispuesto a pagar precios más elevados por productos certificados. Se recomienda que antes de emprender un proceso de certificación, la empresa se cerciore de que la certificación este respaldada por una motivación real del mercado. A continuación se desarrollan algunas de las certificaciones y estándares internacionales a los cuales pueden optar las empresas que pertenecen al sector forestal.

Debido a la problemática actual acerca del calentamiento global y el uso correcto de los recursos naturales, cada vez más personas se interesan en adquirir productos certificados. El cuidado de los bosques es cada vez más importante, tanto que la Organización de Naciones Unidas (ONU) nombro el 2011 como el "Año Internacional de los Bosques". Lo anterior con el objeto de concientizar a las personas sobre la importancia que tienen para las personas y el gran valor que los bosques representan.

Figura 412: Año internacional de los bosques

Fuente: www.goodforforests.com

33.1. FSC (Forest Stewardship Council / Consejo de Manejo Forestal)

FSC es una organización independiente, no-gubernamental, no-lucrativa establecida para promover la responsabilidad en el manejo forestal. Se estableció en 1993 como respuesta a la problemática de la rápida deforestación global. La certificación intenta dar una solución apropiada que tome en cuenta la responsabilidad ambiental y social, siempre manteniendo el manejo forestal económicamente viable.

En la actualidad la certificación FSC es la más aceptada en el medio, ya que intenta balancear los factores sociales, económicos y ambientales con igual importancia. FSC nació como una adaptación de las normas ISO al sector forestal. Todos los productos certificados pueden llevar el logo FSC. Para que un producto pueda llevar el logo FSC, toda la cadena de producción debe estar certificada.

Figura 413: Logo FSC

Fuente: http://www.fsc.org/

La certificación FSC provee credibilidad en cuanto al uso de los recursos y producción responsable, lo que les brinda a los consumidores un atractivo más, para realizar decisiones de compra. Este atractivo constará del beneficio que la certificación otorga a las personas y al ambiente, además del valor agregado del producto forestal.

Figura 414: Madera certificada FSC

Fuente: http://ecotrendy.blogspot.com

FSC está presente en más de 50 países alrededor del mundo y en Guatemala es l esquema que cubre todas las certificaciones forestales. Los productos certificados FSC son verificados desde el bosque de origen y a través de la cadena de procesamiento, por ende, asegura el origen legal y certificado de la madera que se utiliza para fabricar dichos productos. (Zamora & Barrera, 2010)

33.1.1. Principios y criterios. Los principios y criterios dictados por FSC incluyen aspectos de manejo y abarcan requerimientos legales, técnicos, sociales, ambientales y económicos, las reglas son estrictas y los requerimientos sociales y ambientales son los más altos. Los requerimientos en los cuáles se basa FSC son aparentemente elementales, sin embargo existen muchos lugares que no cumplen ni siquiera con estos y es a través de la aplicación de ellos, que se obtienen los mayores beneficios. Los principios y criterios mínimos para una certificación FSC, según FSC (2011) y Rainforest Alliance (2008) son los siguientes:

- ✓ Cumplir con las leyes aplicables y tratados internacionales.
    - Todo el personal deberá conocer y tener disponibles las leyes aplicables al negocio. Esto incluye leyes laborales, ambientales y forestales.
    - Se debe efectuar el pago de impuestos según la legislación del país al que aplica.
    - La empresa debe respetar y cumplir con los acuerdos internacionales. Estos incluyen la prevención de tala ilegal y asentamientos, la señalización de los límites y la prevención de incendios forestales.

- ✓ Demostrar el derecho de uso de tierra a largo plazo.
    - Deberán estar claramente definidos, documentados y legalmente establecidos.
    - La empresa debe demostrar evidencia del derecho a uso de la tierra en el largo plazo.

- ✓ Reconocer y respetar los derechos de todos los trabajadores.
    - Los pueblos indígenas deberán controlar el manejo forestal de sus tierras a menos que lo deleguen.
    - Identificación y respeto hacia los lugares de especial significado cultural, religioso, económico o ecológico.

- ✓ Mantener y motivar las relaciones económicas y sociales con los trabajadores del bosque y las comunidades locales, además de respetar los derechos de todos los trabajadores según las convenciones de la Organización Internacional del Trabajo.
    - Cumplir o superar leyes de salud y seguridad de los empleados.
    - Mantener botiquines de primeros auxilios disponibles para el uso de los empleados.
    - Contar con equipo de seguridad necesario para todo el personal que lo necesite.
    - Los trabajadores deben poseer libertad para asociarse y negociar con los directivos.

- ✓ Equidad de uso y partición de beneficios derivados del bosque.
    - Mantener una buena productividad ecológica del bosque.
    - Velar por el uso óptimo de diversidad de productos del bosque mediante la minimización de desperdicios.

- ✓ Reducción de impacto ambiental de las actividades forestales, de manera que se mantengan las funciones ecológicas y la integridad del bosque.
    - Se debe realizar una evaluación de impacto ambiental.
    - Es necesario optar medidas para proteger especies amenazadas.
    - Las funciones ecológicas del bosque deben mantenerse.
    - Realizar guías para disminuir daños durante el aprovechamiento.
    - Evitar pesticidas químicos.
    - No convertir bosques en plantaciones.
    - Desperdicios deben de ser desechados de forma ambientalmente adecuada.

- ✓ Mantener un plan de manejo forestal apropiado en todo momento, que incluya:
    - Objetivos claros.
    - Descripción de recursos.
    - Descripción del sistema silvicultural.
    - Justificación de especies y tasa de corta.
    - Monitoreo.
    - Planes para protección de especies amenazadas.
    - Mapas.
    - Justificación de técnicas de cosecha y equipo.
    - Plan de manejo debe ser revisado y actualizado.
    - Los trabajadores lo deben conocer y estar capacitados.

- ✓ Monitorear correctamente y evaluar las actividades forestales para verificar la condición del bosque y evaluar las medidas sociales y ambientales que se apliquen al manejo del bosque.
    - El rendimiento de los productos forestales cosechados.
    - La tasa de crecimiento, regeneración y condición del bosque.
    - La composición y los cambios observados en la flora y la fauna.
    - Los impactos ambientales y sociales de la cosecha y otras operaciones.
    - Los costos, la productividad y la eficiencia del manejo forestal.

- ✓ Mantener definidas las áreas protegidas y considerarlas como de importancia crítica.
    - Evaluación para determinar la presencia de bosques con alto valor de conservación (BAVC).

- El plan de manejo deberá de incluir y poner en práctica las medidas específicas que aseguren el mantenimiento y/o incremento de los atributos de conservación.
- Monitoreo anual.

✓ Además del cumplimiento de todo lo anterior, las plantaciones deben contribuir a promover la restauración y conservación de los bosques naturales.

- El diseño y planeación de las plantaciones deberán promover la protección y conservación de los bosques naturales, y no incrementar las presiones sobre los bosques naturales.
- Se prefiere la diversidad en la composición de las plantaciones, para mejorar la estabilidad económica, ecológica y social.
- La selección de especies para plantación debe basarse en las posibilidades generales del sitio y en su conveniencia para los objetivos de manejo. Son preferidas las especies nativas sobre las exóticas en el establecimiento de plantaciones y para la restauración de ecosistemas degradados.
- Una proporción del área total de manejo forestal deberá ser manejada de tal forma que se restaure la cubierta forestal natural del sitio.
- Deberán tomarse medidas para mantener o mejorar la estructura del suelo, fertilidad y actividad biológica.
- Deberán tomarse medidas para minimizar los daños por plagas, enfermedades, fuego y sobre la introducción de plantas invasoras.
- El monitoreo de plantaciones deberá incluir una evaluación regular del potencial de los impactos ecológicos y sociales en el sitio y fuera de él.

33.1.2. Programa de acreditación. FSC no certifica directamente, el proceso se lleva a cabo por medio de organizaciones independientes llamadas entes certificadores. Antes de ser capaces de certificar en acuerdo con los estándares FSC, los certificadores deben ganar la acreditación FSC.

Todos los entes certificadores deben estar respaldados por las certificaciones ISO relevantes. Solo aquellos que han sido autorizados pueden utilizar los logos y sellos de FSC, los cuales deben cumplir con los requisitos, estándares y lineamientos regidos por FSC. (FSC, 2011)

33.1.3. Beneficios. Dentro de los beneficios asociados a la certificación se tiene el mejoramiento de las condiciones sociopolíticas, el reconocimiento de los grupos sociales y su relación con los recursos, el mejoramiento de las oportunidades de empleo, la participación de grupos en desventaja, el fortalecimiento de la organización y la administración y otros beneficios de orden regional o global.(Zamora & Barrera, 2010)

WWF (2011) lista los beneficios ambientales, sociales y económicos de la siguiente manera:

- ✓ Beneficios ambientales
  - Protección de los bosques
  - Conservación de la biodiversidad
  - Mantener las funciones ecológicas del bosque

- ✓ Beneficios sociales
  - Protección de los derechos de los trabajadores y comunidades aledañas

- ✓ Beneficios económicos
  - Muchos bosques certificados han reducido sus costos considerablemente y aumentado sus utilidades al implementar la certificación FSC.

Figura 415: Producto certificado FSC

Fuente: www.renovablesverdes.com

Para la unidad de manejo o la industria certificada se abre la posibilidad de comercializar a través de una red de empresas certificadas que buscan comprar bienes certificados. Esta información se puede encontrar en la página web de FSC.

33.1.4. Cómo certificarse. Para optar a una certificación FSC se debe contactar a un ente certificador, que proporcionará un Formulario de Aplicación, que se debe llenar y devolver. Este puede ser para una certificación de Manejo Forestal o una Certificación de Cadena de Custodia. Posteriormente el ente certificador preparará y enviará una propuesta donde listan los pasos a seguir, el tiempo y el costo de la auditoría de evaluación. Una vez aceptada la propuesta se firma un acuerdo por servicios para la visita de evaluación.

Posteriormente, se realiza la visita de evaluación en la cual se evalúa el cumplimiento de los principios y criterios de FSC por medio de observaciones directas, revisión de documentos y entrevistas a trabajadores de la empresa y vecinos del área. Con lo anterior, el ente certificador obtiene un panorama completo de la empresa y sus procesos. Consecutivamente se realiza un informe, en el cual se detallan los hallazgos encontrados. Si la recomendación del equipo auditor es positiva, se debe firmar un contrato con vigencia de 5 años y si es negativa se solicitan acciones correctivas que se deben implementar para obtener la certificación. El contrato de 5 años especifica que el ente certificador tiene derecho a realizar auditorías periódicas anuales y puede retirar el certificado si se llegan a detectar anomalías como contravenir alguno de los principios y criterios de FSC. (Adolfo Lemus, 2011)

En Guatemala el ente certificador para FSC más activo es Rainforest Alliance, mediante el programa SmartWood. Para optar por una certificación FSC y obtener la información actualizada es importante comunicarse con las oficinas de SmartWood que se encuentran en la 8a. avenida, 15-62 zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

Figura 416: Rainforest Alliance

Fuente: www.rainforest-alliance.org

33.2. PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification)

El programa de reconocimiento de Sistemas de Certificación Forestal, PEFC, es una organización independiente, no-gubernamental, no-lucrativa de ámbito mundial, que promueve la gestión sostenible de los bosques con el fin de conseguir un equilibrio social, económico y medioambiental de los mismos. El objetivo de PEFC es asegurar que la gestión de los bosques alrededor del mundo se lleve a cabo de una manera responsable y que todas las funciones que estos proveen estén protegidas para generaciones presentes y futuras. Para lograrlo cuentan con el apoyo y colaboración de propietarios y empresas del sector forestal, que mediante la certificación de sus bosques e industrias aseguren la sostenibilidad del sector.

Figura 417: Logo PEFC

Fuente: http://pefc.org/

PEFC se forma por una organización de gobierno o administración de carácter nacional en cada país, actualmente hay un total de 35 países alrededor del mundo entre los cuales podemos encontrar a la mayoría de países que conforman la Unión Europea, Canadá, Gabón, Chile, Australia, etc. (PEFC, 2011)

Figura 418: Madera certificada PEFC

Fuente: www.privatbesch.lu

La certificación forestal se puede llevar a cabo a nivel de bosque y de industria forestal, para las cuales existen dos tipos de certificaciones que cubren las diferentes necesidades del sector. PEFC (2011) las define como:

- ✓ Certificación de la gestión forestal sostenible.
    - o Se refiere a la certificación de la sostenibilidad del a ordenación forestal, que abarca el inventario forestal, la planificación de la ordenación, la silvicultura, el aprovechamiento, así como las repercusiones ecológicas, económicas y sociales de las actividades forestales.

- ✓ Certificación de la cadena de custodia.
    - o La certificación de los productos en la cual se evalúa la trazabilidad de las materias primas de origen forestal y sus derivados a través de las distintas fases del proceso productivo.

33.2.1. Principios y criterios

Los principios y criterios dictados por PEFC incluyen aspectos de gestión forestal, desarrollo de áreas rurales y abarcan requerimientos sociales, ambientales y económicos. Los principios y criterios mínimos definidos por PEFC (2011) para una certificación PEFC son los siguientes:

- ✓ Mantenimiento de la biodiversidad.
    - o Se refiere al mantenimiento y mejoramiento de los ecosistemas forestales.

- ✓ Sostenibilidad de los servicios del ecosistema.
    - o La variedad de servicios que brinda el ecosistema debe ser sostenible, con esto se refieren a la habilidad del ecosistema de proporcionar alimentos, fibras, biomasa y madera, tomando también en cuenta que el bosque forma parte del ciclo del agua evitando la erosión de la tierra y provee hábitats y albergue para personas y animales, además de conservar el valor espiritual y recreacional que el bosque ofrece.

- ✓ Manejo responsable de químicos.

- Se debe evitar o minimizar el uso de químicos y se deben sustituir por alternativas naturales.

✓ Protección de los derechos de los trabajadores.
- Se debe proteger el bienestar y todos los derechos de los trabajadores.

✓ Se debe estimular el empleo local.
- Se debe estimular el desarrollo rural mediante el empleo local de personas de las comunidades aledañas.

✓ Respeto a los derechos de los pueblos indígenas.
- Los derechos de los pueblos indígenas del área deben ser respetados en todo momento.

✓ Cumplimiento de la normativa legal aplicable.
- Las operaciones deben cumplir con todas las leyes aplicables del país donde operan además de cumplir con las mejores prácticas durante todas las operaciones.

33.2.2. Programa de acreditación. PEFC no certifica directamente, el proceso se lleva a cabo por medio de organizaciones independientes llamadas entes certificadores. Antes de poder certificar las empresas certificadoras deben ganar la acreditación PEFC, para la cual la empresa debe cumplir con todos los requisitos y normas dictados por PEFC.

La Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), o equivalente en otros países evalúa la competencia técnica de los organismos de evaluación en cuanto a las entidades de certificación, inspección y verificación que manejen. Las entidades de certificación deben ser miembros de IAF (Foro de Acreditación Internacional) y deben implementar los procedimientos descritos en la Norma ISO/IEC 17011. (PEFC, 2011)

33.2.3. Beneficios. Dentro de los beneficios que otorga la certificación PEFC se encuentra la garantía a los consumidores que están comprado productos de bosques gestionados

sosteniblemente, lo que ayuda a que los mismos compradores puedan combatir la tala de madera ilegal y fomentar las funciones que juegan los recursos forestales, tales como:

- ✓ Mantenimiento de los ecosistemas y la diversidad biológica.
- ✓ Sustentar económicamente a poblaciones rurales y el origen de la industria de transformación.
- ✓ Obtener un papel social y cultural reconocido.

Figura 419: Producto certificado PEFC

Fuente: www.pefc.org

Además de lo mencionado anteriormente, una gestión forestal sostenible supone ventajas como la reducción del riesgo ante incendios y plagas, contribución a la mitigación del cambio climático y promueve la conservación y mejora de las masas forestales.

Una adecuada gestión forestal proporciona beneficios económicos que se derivan del aumento en la productividad y la racionalización del proceso de aprovechamiento forestal. Finalmente cabe mencionar que el cuidado del entorno permite el desarrollo de poblaciones rurales y consolida una figura positiva del bosque y de los productos forestales como una materia prima natural, ecológica y renovable. (PEFC, 2011)

33.2.4. Cómo certificarse. Para alcanzar un reconocimiento mutuo con PEFC, el sistema debe responder a los criterios anteriormente mencionados. El primer paso consiste en solicitar la certificación con una entidad certificadora del área, la cual solicita la documentación necesaria y envía un cuestionario previo a la auditoria. Posteriormente, se realiza la visita de parte del auditor forestal, el cual puede dar un informe favorable o no favorable, de ser no favorable este informa cuales son las correcciones o irregularidades y realiza una auditoria extraordinaria para verificar que hayan sido implementadas, de ser favorable se emite la certificación. El reconocimiento mutuo implica tanto la certificación como el derecho al uso del sello o marca registrada PEFC, independientemente del país productor. (PEFC, 2011)

33.3. SFI (Sustainable Forest Initiative)

SFI es una organización independiente, no-gubernamental, no-lucrativa dedicada a promover el manejo sostenible de los bosques. Su principal función es mantener, supervisar y mejorar el programa de certificación forestal. Intenta balancear los factores sociales, económicos y ambientales otorgándoles a todos la misma importancia. El estándar de certificación forestal SFI se basa en principios que promueven el manejo sostenible del bosque, incluyendo medidas que protegen la calidad del agua, la biodiversidad, el hábitat de la vida salvaje, especies en peligro de extinción y bosques de alto valor de conservación.

Figura 420: Logo SFI

Fuente: http://www.sfiprogram.org/

El programe SFI fue lanzado en 1994 por el sector forestal de Estados Unidos como una contribución para la visión de desarrollo sostenible establecida por la Conferencia de las

Naciones Unidas de Desarrollo y Medio Ambiente en 1992. El estándar vigente en la actualidad es SFI 2010-2014. (SFI, 2011)

La certificación forestal SFI está especialmente diseñada para los Bosques de Norteamérica y Canadá, razón por la cual el estándar es ampliamente usado en estos países y tiene muy buena aceptación global gracias a su capacidad de identificar y otorgar productos forestales que aseguren su origen legal y producción responsable. Actualmente el programa SFI consiste en tres tipos de certificaciones dirigidas a satisfacer distintas necesidades de la industria, que son:

- ✓ Certificación forestal SFI.
  - Promueve las prácticas responsables de manejo forestal.

- ✓ Certificación de cadena de custodia SFI.
  - Promueve la trazabilidad de la madera, funcionando mediante un sistema que contabiliza la fibra a través de producción y manufactura hasta el producto final. Lo anterior de manera que los productos se puedan especificar en cuanto a la cantidad de madera que contienen que provengan de tierra certificada, de contenido reciclado y de tierras no certificadas no controversiales.

- ✓ Certificación de abastecimiento SFI.
  - Tomando en cuenta que el 90% de los bosques del mundo no están certificados, los participantes del programa deben mostrar que la materia prima que utilizan en su cadena de suministro proviene de fuentes legales y responsables, ya sea que estén certificadas o no.

Figura 421: Madera certificada SFI

Fuente: http://www.sfiprogram.org/

Las etiquetas con el logo SFI son reconocidas globalmente y proveen una forma visual de mostrarle al cliente que el producto proviene de fuentes forestales legales y manejadas responsablemente. Para poder utilizarlas la compañía debe estar certificado como Cadena de Custodia y debe tener un permiso especial. (SFI, 2011)

33.3.1. Principios y criterios.

Los principios y criterios mínimos descritos por SFI (2011), que debe cumplir cualquier empresa para optar por una certificación SFI son los siguientes:

- ✓ Mantener un manejo forestal sostenible.
  - Practicar un manejo forestal sostenible que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de futuras generaciones a satisfacer sus propias necesidades. Lo anterior mediante la administración ética de la tierra, que integre la reforestación y el manejo de la plantación, crecimiento, nutrición y cosecha de árboles para productos de origen forestal que sean útiles para el ser humano. Es de gran importancia no comprometer la conservación del suelo, el aire y calidad de agua, la diversidad biológica, el hábitat de vida silvestre y acuática, recreación y estética.

- ✓ Proteger la salud y productividad del bosque.
  - Proveer regeneración luego de la tala, mantener la capacidad productiva del bosque y proteger los bosques de características económicas y ambientales indeseables como incendios, pestes, enfermedades u otros agentes dañinos y por ende manteniendo y mejorando la productividad y salud del bosque a largo plazo.

- ✓ Proteger los recursos acuíferos.
  - Proteger los cuerpos de agua y áreas costeras con las mejores prácticas de manejo para proteger la calidad de agua.

- ✓ Proteger la diversidad biológica.
  - Manejar el bosque de una manera que proteja la diversidad biológica, incluyendo a toda la flora y fauna, los hábitats naturales y las comunidades aledañas.

- ✓ Recreación y estética del bosque.
    - Manejar el impacto visual de las operaciones en el bosque y proveer oportunidades recreacionales al público en general.

- ✓ Proteger áreas de significado especial y la diversidad biológica.
    - Manejar el bosque de una manera que tome en cuenta las cualidades únicas de un área de significado especial (biológico, geológico, histórico o cultural) de manera que promueva la diversidad de hábitats, tipos de bosque y las comunidades aledañas.

- ✓ Aplicar prácticas responsables de abastecimiento de fibras.
    - Usar y promover las prácticas científicamente aceptadas, económica y ambiental y socialmente responsables.

- ✓ Evitar el uso de materia prima proveniente de fuentes controversiales.
    - Evitar el uso de madera o fibra de fuentes ilegales o de países con leyes sociales ineficientes.

- ✓ Cumplir con todas las leyes aplicables.
    - La empresa debe cumplir con todas las leyes nacionales, departamentales y provinciales o locales además de las leyes forestales y ambientales, estatutos y regulaciones existentes.

- ✓ Investigación.
    - Apoyar avances en manejo forestal sostenible a través de investigación científica y tecnológica.

- ✓ Capacitación y educación.
    - Mejorar las prácticas de manejo forestal sostenible a través de programas de capacitación y educación.

- ✓ Participación pública.
    - Ampliar las prácticas de manejo forestal sostenible en tierras públicas a través de participación en la comunidad.

- ✓ Transparencia.
    - Ampliar el entendimiento de la certificación forestal SFI 2010-2014 mediante la documentación de las auditorias de certificación y publicar descubrimientos.

- ✓ Mantener un mejoramiento continuo.
    - Continuamente mejorar las practicas de manejo forestal y monitorear, medir y reportar el rendimiento y logros al compromiso me manejo forestal sostenible.

33.3.2. Programa de acreditación. El programa SFI se basa en diferentes etapas de soporte riguroso e independiente en el cual las auditorias para certificación son realizadas por terceros. Las empresas certificadoras que realizan las auditorias para las certificaciones SFI deben ser independientes, objetivas y debidamente calificadas. Dependiendo de qué tipo de certificación auditen, deben completar un programa de acreditación por alguno de los siguientes entes acreditadores:

- ✓ ANSI (American National Standards Institute)
- ✓ ANAM (ANSI-ASQ National Accreditation Board)
- ✓ SCC (Standards Council of Canada)

Todas las anteriores son miembros de Foro de Acreditación Internacional. Media vez una empresa certificadora ha completado la aplicación al programa de acreditación, una auditoria en campo y observación del proceso de evaluación esta es acreditada. (SFI, 2011)

33.3.3. Beneficios. Los participantes certificados de SFI son elegibles para utilizar los logos de SFI, que demuestran la responsabilidad social corporativa mostrándoles a sus clientes que a ellos les importa el buen manejo de los bosques. Es a través de SFI2010-2014 que los administradores y propietarios de las tierras pueden proclamar que la fibra de madera que recolectan de sus tierras es de una fuente certificada. Mediante la certificación de cadena de custodia SFI, las compañías pueden mostrar cuántos de sus productos vienen de tierras certificadas, con abastecimiento certificado y contenido reciclado post-consumo. Los productos etiquetados SFI deben evitar usar fibras de madera de fuentes controversiales como tala ilegal y de áreas sin leyes sociales efectivas. (SFI, 2011)

Figura 422: Producto certificado SFI

Fuente: www.packagingdigest.com

33.3.4. Cómo certificarse. El programa de certificación SFI es auditado por compañías independientes acreditadas para otorgar una certificación. Únicamente organizaciones que manejan bosques en Estados Unidos o en Canadá pueden obtener una certificación de manejo forestal SFI2010-1014. Para obtener esta certificación de primero se debe llenar una aplicación de participación en el programa SFI.

Una vez SFI aprueba la aplicación, la organización contacta a una compañía certificadora acreditada por ellos. Luego la entidad interesada debe asegurarse de cumplir con todos los estándares SFI 2010-2014 disponibles en la página web de SFI.

La compañía certificadora posteriormente completa una auditoria en campo para verificar que las operaciones cumplan los requerimientos de SFI. Cuando la compañía certificadora aprueba la certificación, esta prepara un documento público que el participante debe ingresar a SFI. Las compañías certificadas deben completar auditorias de inspección cada 12 meses que verifiquen el cumplimiento de los estándares y una re-certificación cada 3 años.

Cualquier organización que procese o comercialice productos provenientes de bosques certificados SFI puede obtener una certificación SFI de cadena de custodia. Para obtener la certificación, la organización debe aplicar procesos que demuestren la trazabilidad hasta el origen

de sus materias primas, además la empresa debe llevar un correcto control de inventario, entrenamiento a los empleados y cumplir con los estándares de cadena de custodia SFI.

Las compañías que estén certificadas SFI de cadena de suministro pueden tramitar un permiso especial para usar las etiquetas con el logo SFI en sus productos. Los pasos para certificarse son cumplir e implementar los requisitos SFI para cadena de suministros disponibles en la página web de SFI. Luego se debe contactar a una compañía certificadora acreditada por SFI, para que realice la auditoria en campo y otorgue la certificación, al igual que en el caso anterior la compañía debe completar auditorias cada 12 meses.

Cualquier organización que demuestre que su materia prima proviene de fuentes legales y recursos responsables ya sea que el bosque este certificado o no puede optar por una certificación SFI de abastecimiento. Al igual que en los casos anteriores debe llenar el formulario de aplicación y verificar que cumple con los objetivos de los estándares SFI de abastecimiento Posteriormente se contacta a una compañía certificadora acreditada por SFI, para que realice la auditoria en campo y otorgue la certificación, al igual que en el caso anterior la compañía debe completar auditorias cada 12 meses. (SFI, 2011)

33.4. ISO (Organización Internacional de Estandarización)

ISO se refiere a la Organización Internacional de Estandarización, es una organización no-gubernamental que está presente en más de 159 países. ISO mantiene un consenso de manera que se encuentren soluciones que abarquen ambos requerimientos, tanto los económicos como sociales.

Los estándares hacen una enorme contribución positiva a todos los aspectos de nuestras vidas, pues aseguran que los productos cumplan con características deseables de calidad, responsabilidad ambiental, seguridad, eficiencia, etc.; todo lo anterior se refleja en un costo económico. Cuando los productos y servicios llenan nuestras expectativas tendemos a tomar esto por sentado, sin embargo cuando los estándares se pierden lo notamos inmediatamente. (ISO, 2011)

Figura 423: Logo ISO

Fuente: http://www.iso.org

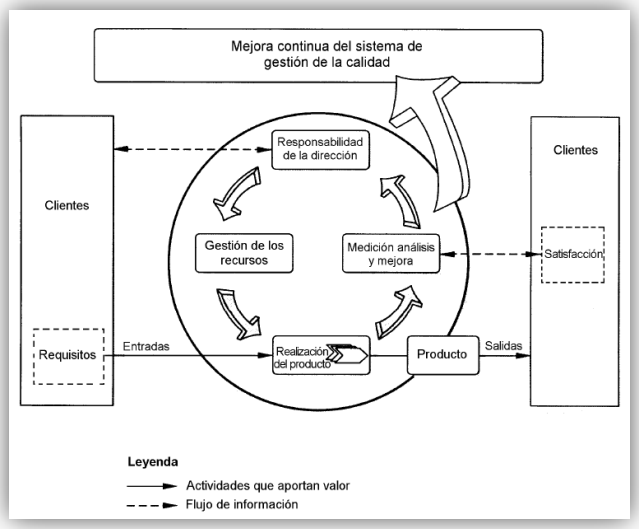
33.4.1. Beneficios. La estandarización ISO logra que la manufactura y la distribución de los productos y servicios sea más eficiente y facilite el intercambio justo entre países. Además de lo anteriormente mencionado, la estandarización comparte avances tecnológicos y buenas prácticas de manejo, propaga la innovación, protege a los consumidores y provee soluciones a problemas comunes.

La adopción de estándares internacionales implica que los proveedores desarrollen y ofrezcan productos y servicios que cumplan las especificaciones que les otorguen aceptación internacional, por ende empresas que usen estándares internacionales serán capaces de competir en más mercados a nivel mundial. Las empresas innovadoras de nuevas tecnologías que utilicen estándares internacionales en aspectos tales como la terminología, compatibilidad y seguridad acelerarán el proceso de difusión y el desarrollo de estos hacia productos manufacturados y mercadeados. Los consumidores se ven beneficiados por la amplia gama de opciones que la estandarización de productos les ofrece, se benefician de los efectos de la competencia entre proveedores y aseguran que los productos que obtienen son de calidad, confiables y seguros. (ISO, 2011)

33.4.2. Certificaciones ISO relevantes. Las certificaciones ISO relevantes al sector forestal por lo general se aplican a la industria procesadora, no al manejo de bosque, que requiere una certificación de carácter forestal. Las certificaciones ISO aplicables a la industria forestal son ISO 9001, ISO 14001 e ISO 17712. La mayoría de estándares ISO son e) son estándares genéricos, que se pueden aplicar a cualquier organización, de cualquier tamaño, sector, giro de negocio, etc. (ISO, 2011)

33.4.2.1. ISO 9001. Es un sistema de gestión de calidad que se implementa como resultado de una decisión estratégica de la organización, que pueden estar influenciados por diferentes necesidades u objetivos en cuanto al suministro de productos, los procesos empleados y la estructura de la organización. Esta norma promueve la adopción de un enfoque basado en procesos cuando se desarrolla, implementa y mejora la eficacia de un sistema de calidad, que aumenta la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de sus requisitos. Este tipo de enfoque es utilizado dentro de un sistema de gestión de calidad y le otorga importancia a la comprensión y cumplimiento de los requisitos, a la necesidad de considerar los procesos en términos que aporten valor, a la obtención de resultados de desempeño y eficacia del proceso y a la mejora continua de los procesos con base en mediciones objetivas. En la siguiente figura se ilustran los vínculos entre los procesos y el papel que los clientes juegan para definir los requisitos. (ISO, 2000)

Figura 424: Modelo de sistema de gestión de calidad basado en procesos



Fuente: ISO, 2000

Los requisitos generales que la organización debe establecer, documentar, implementar y mantener en su sistema de gestión de calidad de mejora continua según ISO (2000) son los siguientes:

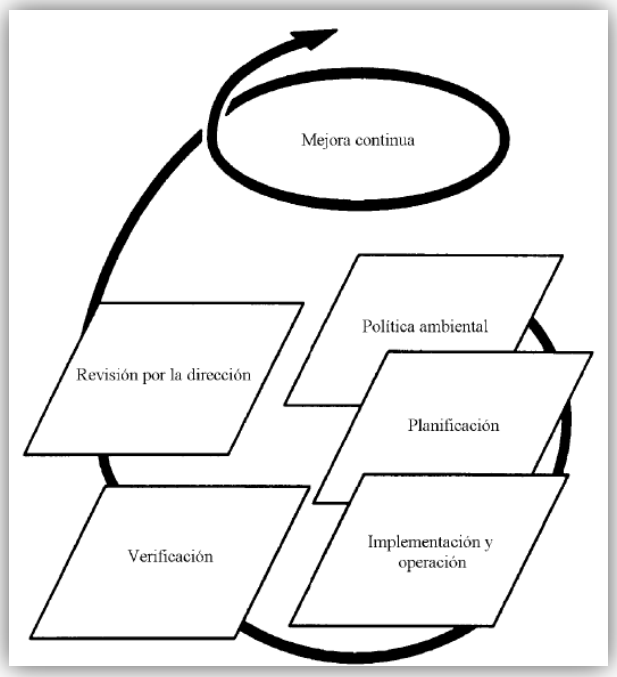
- ✓ Identificar los procesos necesarios para el sistema de gestión de calidad y su aplicación a través de la organización.
- ✓ Determinar la secuencia e interacción de estos procesos.
- ✓ Determinar los criterios y métodos necesarios para asegurarse de que la operación y el control de estos procesos sean eficaces.
- ✓ Asegurarse de la disponibilidad de recursos e información necesarios para apoyar la operación y el seguimiento de los procesos.
- ✓ Realizar el seguimiento, la medición y el análisis de estos procesos.
- ✓ Implementar las acciones necesarias para alcanzar los resultados planificados y la mejora continua de estos procesos.

33.4.2.2. ISO 14001. Es una norma internacional que especifica los requisitos para un sistema de gestión ambiental que le permita a una organización desarrollar e implementar una política y objetivos que tomen en cuenta los requisitos legales y la información sobre los aspectos ambientales significativos. El éxito del sistema depende del compromiso de todos los niveles y funciones de la organización y en especial el de la alta dirección. El sistema permite a la organización desarrollar una política ambiental, objetivos y procesos para alcanzar los compromisos de la política, además de tomar las acciones necesarias para mejorar el rendimiento y demostrar la conformidad del sistema con los requisitos ISO. La norma tiene como objetivo global apoyar a la protección ambiental y la prevención de la contaminación en el equilibrio con las necesidades socioeconómicas. (ISO, 2004)

Los requisitos generales que la organización desarrollar tomando en cuenta los requisitos legales en su sistema de gestión ambiental según ISO (2004) son los siguientes:

- ✓ Establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión ambiental, de acuerdo con los requisitos específicos de la norma.
- ✓ Determinar cómo cumplirá con los requisitos de la norma.
- ✓ La organización debe definir y documentar el alcance de su sistema de gestión ambiental.

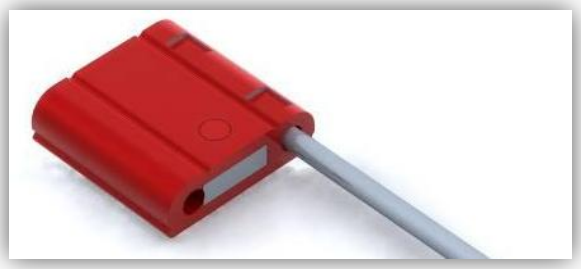
Figura 425: Modelo de sistema de gestión ambiental



Fuente: ISO, 2004

33.4.2.3. ISO 17712. Establece procedimientos uniformes para la clasificación, aceptación y retiro de aceptación de los sellos mecánicos de los contenedores para transporte de mercancías. Provee una única fuente de información en sellos mecánicos que es aceptable para asegurar los contenedores en el comercio internacional. El propósito de estos sellos, como parte del sistema de seguridad es determinar si un contenedor ha sido manipulado, si ha tenido ingresos no autorizados a través de las puertas del contenedor. Los sellos son efectivos únicamente si se seleccionan, almacenan, aplican, documentan y atienden correctamente antes de su uso y durante su uso. (ISO, 2011)

Figura 426: Sello de seguridad



Fuente: http://securityseals.wordpress.com/

Para obtener una certificación ISO 17712 se requiere confirmación de tres áreas distintas, la prueba que determina la clasificación que determina la fuerza física, la auditoria del la seguridad relacionada con los procesos de negocio del proveedor y la prueba física que gana el visto bueno de evidencia de manipulación. La fuerza física se define en tres clases: “I” Indicativo, “S” Seguro y “H” Altamente Seguro. (ISMA, 2011)

33.5. Operador Económico Autorizado (OEA) Guatemala

En Guatemala la figura de un Operador Económico Autorizado (OEA) se define como las personas individuales o jurídicas que cumplen con los estándares internacionales de seguridad y las normas, requisitos y obligaciones establecidos en la ley aduanera vigente y el Servicio Aduanero. Los OEA serán considerados como operadores económicos confiables y seguros y gozarán de las facilidades concedidas por la aduana, en su relación como socios. (SAT, 2011)

Para adherirse a la OEA se debe cumplir con el procedimiento establecido por la SAT, el cual cumple todas las normas de la Organización Mundial de Aduanas (OMA) en cuanto a la de seguridad de la cadena logística. Los requisitos para adherirse a la OEA incluyen procesos administrativos, cuestiones de recursos humanos y seguridad. El adherirse a la OEA no tiene ningún costo en lo que respecta al servicio, sin embargo, es muy probable que se incurra en gastos para alcanzar los estándares que se incluyen en las listas de obligaciones.

OEA representa beneficios para naciones o gobiernos, aduanas y empresas, pues su principal enfoque es facilitar el comercio internacional, garantizando la seguridad de la cadena de logística internacional.

33.5.1. Beneficios. Los principales beneficios del OEA según CIG (2010) son:

- ✓ Disminución en el porcentaje de verificación inmediata en el modulo de gestión de riesgo.
- ✓ Derecho a atención personalizada por medio de un oficial de cuentas.
- ✓ Posibilidad de ser reconocidos como OEA por los servicios aduaneros de otros países que cuenten con programas similares con los que se haya suscrito acuerdo de reconocimiento mutuo.

- ✓ Derecho a recibir capacitaciones especializadas por parte de la SAT.
- ✓ Simplificación y agilización en las operaciones aduaneras de despacho.
- ✓ Ser considerados en nuevos programas orientados a la facilitación del despacho de mercancías.
- ✓ Atención prioritaria en situaciones de perturbaciones comerciales o altos niveles de amenaza en puertos, aeropuertos y fronteras; y, las que disponga el superior jerárquico de la administración tributaria, por estudio y justificación que presente la Intendencia de Aduanas.

Para mayor información puede consultar el sitio web de la SAT www.sat.gob.gt en la categoría “Aduanas” y sub categoría “OEA Guatemala”.

34. RESPONSABILIDAD SOCIAL

34.1. Definición

El concepto de Responsabilidad Social Empresarial (RSE) se ha desarrollado desde finales de los años 70 e inicios de los años 80, sin embargo no existe a nivel mundial una definición única aceptada para explicar el concepto de RSE. Es un concepto de permanente evolución y desarrollo ya que a partir de la década de los 90 no importa únicamente la cantidad que se gana de dinero, sino la forma en que se gana. (CentraRSE, 2008)

El Centro para la Acción de la Responsabilidad Social en Guatemala (CentraRSE) es una organización privada, autónoma, de carácter asociativo, apolítico, no lucrativo, y extragremial. El Centro está liderado por empresarios con Visión de futuro, apoyados por un equipo de profesionales comprometidos a trabajar con todos los sectores y empresas, para poner en práctica el concepto de Responsabilidad Social Empresarial. CentraRSE es una organización dedicada a la promoción e incorporación de buenas prácticas de RSE en las empresas de Guatemala. CentraRSE busca generar un cambio de actitud en el empresariado guatemalteco para convertirlos en empresarios conscientes y proactivos, que contribuyan significativamente a elevar la calidad de vida de las personas, la competitividad de las empresas y el desarrollo sostenible del país.

CentraRSE en Guatemala propone una definición que toma en cuenta los elementos clave del concepto, considerando las particularidades, oportunidades y retos de la sociedad guatemalteca. CentraRSE define la RSE como:

Una cultura de negocios que se basa en principios éticos, en el firme cumplimiento de la ley y el respeto a las personas, familias, comunidades y medio ambiente. La RSE es parte de un estricto apego a la ley que busca situaciones ganar-ganar en las cuales las empresas aseguren su sostenibilidad en el largo plazo tomando decisiones y considerando las implicaciones para todos los públicos interesados de la empresa en el futuro.

Según la Unión Europea la Responsabilidad Social es la integración voluntaria por parte de las empresas y sus preocupaciones sociales en las operaciones que realiza y en las relaciones con los

interlocutores. Tiene carácter voluntario, aunque algunas herramientas de responsabilidad social se han convertido en obligatorios e indispensables para ser competitivos en el mercado europeo.

Según ISO 26000, la característica de la Responsabilidad Social es la voluntad de una organización de incorporar consideraciones sociales en su toma de decisiones y responsabilizarse de los impactos de sus decisiones y actividades en la sociedad. Lo anterior implica transparencia y un comportamiento ético que contribuye al desarrollo sostenible, que toma en cuenta los intereses de las partes interesadas, cumple con la ley y normas internacionales de conducta y está integrado en toda la organización que lo practica. El reto de la Responsabilidad Social es el desarrollo sostenible. Para lograr este objetivo las organizaciones deben considerar 7 principios básicos.

- ✓ Responsabilidad ante la comunidad de sus decisiones y de los impactos ambientales y sociales causados. La organización debe tomar las medidas necesarias para evitar que se repitan errores pasados.
- ✓ Transparencia en la toma de decisiones, en su comunicación y en las actividades que tienen un impacto sobre la sociedad y el medio ambiente.
- ✓ Comportamiento ético en todas las actividades y a lo largo de la cadena de valor.
- ✓ Respeto de los intereses de los actores.
- ✓ Reconocimiento del papel de la ley.
- ✓ Respeto de las normas y tratos internacionales.
- ✓ Respeto de los derechos humanos.

34.1.1. Responsabilidad social empresarial de lo interno a lo externo.

La empresa es el centro de donde parte, nace y se vive la RSE para proyectarse en dos direcciones, hacia lo interno y hacia lo externo de ésta. Cuando una empresa toma la decisión estratégica de ser socialmente responsable, debe tener en cuenta que la base de la estrategia de RSE comienza con el cumplimiento de la ley e irradia de los valores y los principios éticos de la empresa. A partir de estos elementos que definen ¿Quién es la empresa?, es que se debe desarrollar una estrategia de Responsabilidad Social Empresarial, es decir el ¿Cómo trabaja la empresa? Al comenzar a poner en práctica la RSE, existe un orden lógico y una secuencia óptima de intervención que va desde lo más cercano a la empresa hacia lo más lejano a ella (de lo interno a lo externo).

34.1.1.1. Dimensión interna.Como primer paso la empresa debe asegurarse que cumple con la normativa vigente en materia impositiva y que tiene una conducta ética guiada por los valores, principios y la transparencia. El cumplimiento de los compromisos de la empresa y los valores que construyen la cultura empresarial, reflejan una conducta basada en la ética y la legalidad. La compañía debe ser responsable con sus colaboradores propiciando un ambiente adecuado de trabajo y asegurándose que está desarrollando al máximo el potencial de su capital humano, que es el que finalmente hace posible el negocio.

34.1.1.2. Dimensión externa.Fuera de la empresa debe seguirse una secuencia lógica, de lo más cercano a lo más externo y lejano a ella. Es decir, se debe comenzar a trabajar con aquellos públicos interesados más próximos a la empresa y su entorno inmediato. Como primer paso, es conveniente considerar la proyección a las familias de los colaboradores, para luego pensar en las comunidades en donde se encuentran inmersas las empresas y finalmente proyectarse en relación con el Estado.

Ambas dimensiones son importantes, pero debe priorizarse la dimensión interna para legitimar las acciones externas. La dimensión interna es fundamental para darle credibilidad y sentido a la estrategia de RSE y a las inversiones sociales y ambientales que se realicen como parte de la dimensión externa.

Para ilustrar el orden en que debe abordarse la estrategia de RSE, CentraRSE ha desarrollado la Pirámide de RSE. Ésta incluye tanto la dimensión interna como la externa.

Gráfica 11: Pirámide de RSE

Fuente: CentraRSE, 2008.

34.1.2. Desarrollo de una estrategia de RSE.El alcance de la Responsabilidad Social Empresarial es muy amplio y aún no ha sido delimitado por un marco conceptual único a nivel mundial. Sin embargo, si se tiene claro que existen ejes o elementos que las empresas deben considerar como centrales en una estrategia de Responsabilidad Social Empresarial. Estos ejes sirven como base para que las empresas definan su estrategia de RSE y son los siguientes:

34.1.2.1. Gobernabilidad (Valores y Transparencia).El núcleo de la estrategia de RSE lo constituyen los valores, la transparencia y la ética empresarial. Los valores y los principios éticos, más que simples enunciados deben ser los pilares que guíen las acciones de todos los miembros de la empresa a todo nivel. Sobre ellos se debe desarrollar toda la estrategia de RSE de la empresa. En el gobierno de la organización se pueden utilizar como herramientas los códigos de conductas, certificación FSC, PEFC o equivalentes y Sistemas de Gestión como ISO 14001, ISO 26000, entre otros.

34.1.2.2. Público Interno (Actores Internos).Las prácticas del negocio en materia de recurso humano representan la mejor inversión a largo plazo que la empresa puede hacer, ya que sus colaboradores son el principal activo de la empresa y son quienes tienen, finalmente en sus manos, el éxito o el fracaso del negocio. Por esto resulta fundamental trabajar en el desarrollo del recurso humano, contribuyendo a la productividad y desarrollo personal del mismo como primer paso en el despliegue de una estrategia de RSE. Las prácticas laborales pueden utilizar herramientas como ISO 26000, códigos de conducta, etc.

34.1.2.3. Medio Ambiente.El respeto y el cuidado del entorno natural en la forma como se hacen los negocios es una parte importante de la estrategia de RSE. En este eje, el trabajo de la empresa debe estar enfocado en encontrar soluciones innovadoras que aseguren el uso sostenible de los recursos naturales y que reduzcan al máximo el impacto negativo de la compañía en el medio ambiente. Las empresas líderes definen la responsabilidad ambiental como un análisis comprensivo de las operaciones, los productos y las instalaciones de la empresa para trabajar en la eliminación de desechos sólidos y emisiones, maximizar la eficiencia y la productividad de todos los activos y los recursos "produciendo más o menos" y minimizar cualquier práctica que tenga un impacto negativo en el medio ambiente. En este contexto se recomiendan herramientas como ISO 14000, Certificación FSC, PEFC, etiquetado ecológico, compensaciones voluntarias de las emisiones de CO_2.

34.1.2.4. Proveedores.La responsabilidad de una empresa va más allá de su organización y debe involucrar a su cadena productiva. Esto significa que la empresa debe trabajar de la mano con sus proveedores y distribuidores, buscando una relación sostenible con los mismos para asegurarse que éstos hagan negocios en forma responsable y de acuerdo con los principios y valores de la empresa así como con los lineamientos básicos de operación, tecnología, información y otros.

34.1.2.5. Mercadeo (Clientes / Consumidores).La cercanía con los clientes representa una condición esencial para la sostenibilidad de la empresa en el largo plazo. Escuchar y responder a las necesidades de los clientes en forma responsable es una condición fundamental para afirmar que una empresa es socialmente responsable. Para decir que este eje marcha bien la relación con los clientes debe abarcar todas las actividades del negocio. Entre estas actividades se incluyen el mercado ético, la calidad y la seguridad de los productos. También se deben

considerar la distribución de los productos y/o servicios a diferentes sectores sensibles de la sociedad, las políticas de precios y la claridad en las transacciones comerciales, y mecanismos de respuesta a exigencias y necesidades, entre otros. Entre las cuestiones relativas al consumidor se recomienda utilizar el etiquetado ecológico y social, Certificación FSC, PEFC o equivalentes, Comercio Justo, entre otros.

34.1.2.6. Comunidades (Relaciones con la Comunidad).Trascender de la familia del colaborador y llegar al resto de las comunidades en las cuales opera la empresa y donde tiene intereses comerciales a través de políticas institucionales que le permitan el desarrollo sostenible de la zona. Este involucramiento empresarial en la comunidad, incluye una amplia gama de acciones que van desde diálogos con la comunidad, inversiones sociales y ambientales hasta el voluntariado, las donaciones de productos y servicios, el trabajo conjunto con organizaciones de la sociedad civil. Cuando el trabajo con la comunidad se diseña y ejecuta en forma estratégica, brinda un efecto multiplicador de ganar-ganar basado en la responsabilidad compartida y el desarrollo sostenible, con el cual se agrega, valor a las comunidades y de esta forma se contribuye a mejorar la calidad de vida de sus miembros y al mismo tiempo se fortalece la imagen de la empresa y sus marcas. Certificaciones FSC, PEFC, Colaboración entre ONG, empresas privadas e instituciones públicas, etc.

34.1.2.7. Política Pública (Relación con el Estado).La empresa tiene una oportunidad significativa de hacer que su estrategia de RSE trascienda sus operaciones y las operaciones de sus socios comerciales. Para esto, la compañía puede desarrollar alianzas con el Estado que permitan elevar las buenas prácticas empresariales a través de la ejecución de proyectos público-privados que contribuyan al aumento de la competitividad y el bienestar de la sociedad guatemalteca en general. Es esfuerzo integral balanceado de cada una de las áreas críticas o ejes de RSE así como la identificación y satisfacción de los requerimientos de cada uno de los públicos interesados asegura una contribución efectiva de la empresa a cada uno de ellos y garantiza un beneficio concreto y el máximo retorno sobre la inversión. La legalidad se puede llevar a cabo con inversiones responsables, códigos de conducta, Certificación FSC, PEFC o equivalentes, CITES.

34.1.3. Prácticas para integrar una estrategia de responsabilidad social

Gráfica 12: Prácticas para integrar una estrategia de RS

Fuente: Elaboración propia, 2011.

35. RESPONSABILIDAD AMBIENTAL

¿Sabe que los bosques cubren el 31% de la superficie de tierra total? ¿Sabe que más de 1.6 billones de personas dependen sus medios de vida de los bosques?

¿Sabe que los bosques proporcionan un hogar a más de 300 millones de personas en todo el mundo? ¿Sabe que los bosques son el hogar del 80% de la biodiversidad terrestre? (WWF, 2011)

Figura 427: Biodiversidad terreste,
Orangután en Indonesia

Fuente: http://wwf.panda.org

Los bosques, como elementos vivos, realizan funciones de productor de bienes y genera servicios ambientales por medio de sus funciones de regulación y protección. Pero lo relevante es reconocer la importante relación que existe entre los seres humanos y la naturaleza, donde los bosques juegan un papel protagónico e importante. (Arrecis, 2007)

35. 1. Importancia del bosque

No es posible resumir la importancia de los bosques en pocas palabras. Los bosques impactan nuestras vidas de manera cotidiana de distintas maneras, incluso en medio de un día ocupado y ruidoso en el centro de la ciudad. A pesar que se sabe la dependencia de un ser humano de los bosques, todavía se está permitiendo que desaparezcan.

Los productos forestales son utilizados en nuestra vida cotidiana. Se pueden listar los siguientes:

- ✓ Frutas
- ✓ Papel
- ✓ Madera de los arboles
- ✓ Productos que entran en la fabricación de otros artículos de uso diario como los medicamentos, cosméticos, detergentes, etc.
- ✓ Hábitat para diversas especies animales
- ✓ Hábitat para flora
- ✓ Fuente de sustento para muchos asentamientos humanos
- ✓ Evitan la erosión del suelo
- ✓ Ayudan a mantener el ciclo del agua, etc.

Cuando se habla de un bosque, no solamente se habla de los árboles, se habla del ecosistema en general, lo cual genera consecuencias graves sobre la raza humana (WWF, 2011)

Figura 428: Productos forestales utilizados en nuestro día a día

Fuente: http://wwf.panda.org

35. 1. 1. Bosques: aire y clima. Así como los pulmones absorben dióxido de carbono de la sangre y lo infunden con oxígeno, las plantas verdes absorben el dióxido de carbono durante la fotosíntesis y lo liberan como oxigeno a la atmosfera. Por esta razón, es el por qué los bosques son a menudo mencionados como los pulmones de la tierra. Los bosques trabajan como purificadores del aire y devoradores de carbono.

El dióxido de carbono, principal gas que produce el efecto invernadero, es un requisito importante para el proceso de la fotosíntesis de las plantas, por lo tanto esto significa que los bosques constituyen un sumidero efectivo para el dióxido de carbono producido como resultado de la respiración de los animales, la quema de combustibles fósiles, volcanes y otros fenómenos naturales.

Así, los bosques de la tierra actúan como purificadores de aire, absorbiendo grandes cantidades de dióxido de carbono y brindando aire puro. (INTECAP, 2005)

Figura 429: Los bosques boreales de Canadá son un importante sumidero de carbono

Fuente: http://wwf.panda.org

35. 1. 2. Bosques como hábitat. Los bosques son soporte de la diversidad de la vida. Un bosque puede proveer tres de los ingredientes básicos para la supervivencia de la especie:

- ✓ *Agua:* todos los bosques son grandes coleccionistas y almacenes de agua. Su estructura de la raíz se mantiene unida al suelo, su hojarasca se descompone y se combina con minerales para formar el equivalente de esponjas gigantes, liberando lentamente el agua en las zonas circundantes a una tasa exageradamente necesaria.

- ✓ *Comida:* un bosque es el hogar de muchos tipos de pantas, que son la fuente de alimento para muchos animales, que a su vez son fuente de alimento para otros, etc. Siguiendo la cadena alimenticia de la vida. Este círculo de vida, vincula los animales con las plantas: dependencias comunes entre todos (la vida de un ecosistema).

- ✓ *Albergue:* bajo la cubierta de un árbol, se puede mitigar los efectos del sol, la lluvia destructiva y los cambios bruscos de temperatura y vientos. Le brinda albergue a una gran cantidad de plantas y animales que se han adaptado y protegido de elementos bruscos de la naturaleza. (WWF, 2011)

Figura 430: Elefantes en reserva natural

Fuente: http://wwf.panda.org

35. 1. 3. Los bosques y los seres humanos. Plantas y especies de árboles que han existido por millones de años se enfrentan a un futuro incierto debido al uso no sostenible. Los seres humanos y los bosques siempre han tenido una relación compleja, ya que hemos dependido de los bosques desde hace mucho: los primeros humanos evolucionaron las especies dentro y alrededor de las selvas tropicales de áfrica cerca de 4 millones de años.

Desde conseguir aire limpio para respirar, agua y alimentos, combustible, sombra y cobijo hasta la dependencia de los beneficios económicos que obtenemos de los bosques.

Figura 431: Árbol de caucho

Fuente: http://wwf.panda.org

Los bosques del mundo están gravemente amenazados. Los primeros humanos eran cazadores-recolectores, agricultores y más tarde y debido a que la población era pequeña, el impacto sobre el medio ambiente era mínimo. Pero en los últimos dos mil años, las crecientes demandas de una población humana han reducido a la mitad la cubierta forestal original de la tierra. La deforestación continúa a un ritmo alarmante, con cerca de 13 millones de hectáreas de bosque convertido se pierden cada año. (WWF, 2011)

35. 1. 4. Usos económicos de los bosques. Los bosques tienen un valor económico evidente a través de distintas provisiones que obtenemos de ellos, como por ejemplo la madera y leña. Además, obtenemos los productos no maderables, como lo son el algodón, el caucho, medicamentos, alimentos, que además representan un valor económico significativo. Aún más importante es la leña y forraje, especialmente en los países en desarrollo, donde las personas dependen de la madera casi en su totalidad por su energía que brinda a muchos hogares.

Dado el inmenso beneficio económico de los bosques, la demanda de la madera y demás productos comerciales es cada vez mayor. Ya hay signos de una creciente escasez de maderas duras tropicales. Esto se debe a la sobreexplotación de la madera, pero también se da por el crecimiento de la población humana, agricultura, minería y almacenamiento de agua.

Figura 432: Tala de la madera

Fuente: http://wwf.panda.org

Algo positivo, es que la madera es un producto natural y se puede utilizar como un mínimo de procesamiento. Se produce en casi todo el mundo, es un recurso renovable y es reciclable. Debido a su origen natural, la mayoría de los tipos de madera son bastante duraderos. La madera tiene una alta resistencia al cociente de peso que permite un transporte eficiente. Pero existe un problema junto a todos estos beneficios: se explotan más allá de los límites sostenibles.

En el lado negativo, la gran demanda de productos de madera fomenta la tala ilegal y no reglamentada. También se suma las emisiones de gases de efecto invernadero por el transporte, efectos indeseables sobre el medio ambiente en el procesamiento de la madera, emisiones de polvo como resultado del corte y lijado de la madera, sustancias químicas toxicas para el tratamiento de la madera, etc. (MAGA, 2006)

35. 1. 4. 1. Productos forestales no maderables. Tan importante como la madera son los productos no maderables que se obtienen de los bosques. Conocido como PFNM (productos no maderables o no maderables del bosque), incluye todos los productos biológicos extraídos de los bosques, aparte de la madera.

Alrededor de 150 tipos de PFNM son importantes en el comercio internacional. También son cada vez más reconocidos por su papel en el desarrollo sostenible y la conservación de la diversidad biológica. Hasta un 80% de la población en los países en desarrollo dependen de los PFNM para la subsistencia, tanto en lo económico como para la nutrición.

Aunque las agencias de conservación están abordando el tema de la producción sostenible de PFNM, hay una serie de retos a superar, algunos de los cuales incluyen la cobertura

forestal, el acceso inequitativo a los mercados de las poblaciones marginadas y la monopolización de PFNM por la tala y la caza. (WWF, 2011)

Figura 433: Aloe Vera

Fuente: http://wwf.panda.org

Los conocimientos actuales no está bien documentados, y la formulación de políticas es todavía muy desconectada de las experiencias de campo. El reto para los próximos años es desarrollar herramientas y métodos para la extracción sostenible de PFNM y la regulación de su comercio. (Porras, 2011)

35. 2. Conservación de los bosques.

Para la protección de un bosque, se debe de tener una concentración clave en cuatro áreas:

- ✓ Certificación forestal
- ✓ La lucha contra la tala ilegal
- ✓ La reforma de comercio
- ✓ Control en las áreas protegidas

Figura 434: Conservación de los bosques

Fuente: http://wwf.panda.org

35. 2. 1. Certificación forestal. La certificación forestal es ampliamente vista como la iniciativa más importante de la última década para promover una mejor gestión forestal. La gestión forestal responsable es un componente clave para un futuro en el que vivirán personas en armonía con la naturaleza. El uso sostenible de productos forestales renovables puede proporcionar a las personas refugio, combustible, medicinas y otros servicios, mientras proveen las necesidades básicas de plantas y animales.

La certificación forestal es un sistema de inspección y seguimiento de la madera y demás productos forestales para asegurar que han sido manejados de acuerdo con el lineamiento estricto de directrices. También significa responsabilidad social, bienestar de los trabajadores, responsabilidad ambiental y bienestar de las comunidades locales.

El proceso de certificación se inicia n el bosque y continúa a lo largo de toda la cadena de custodia, por lo que el consumidor final puede estar seguro de que se compró un producto ecológico.

Como se explicó anteriormente, Forest Stewardship Council (FSC) es el sistema de certificación más creíble para poder asegurar una gestión ambientalmente responsable, socialmente beneficiosa y económicamente viable de los bosques. Por lo tanto, se recomienda el sistema FSC al consumidor, administrador, funcionarios políticos y empresas. (FSC, 2011)

Figura 435: Ejemplo de certificación FSC en México

Fuente: http://wwf.panda.org

35. 2. 2. Lucha contra la tala ilegal. La tala ilegal no solo preocupa a las personas o animales en peligro de extinción, sino también involucra a los gobiernos y consumidores de todo el mundo que compran productos de madera. (Porras, 2011)

Con el fin de combatir la tala ilegal, se debe de trabajar directa y estrechamente con la colaboración de la industria de la madera. Se creó el Global Forest & Trade Network (GFTN) que consiste en una asociación mundial compuesta de proveedores, fabricantes y compradores de toda la cadena de suministro de la industria forestal que están dispuestos a liderar la industria en la gestión forestal sostenible y el comercio. El GFNT se esfuerza por eliminar la tala ilegal ayudando a sus participantes a superar los desafíos del manejo forestal y la compra responsable mientras se avanza a la obtención de una certificación correcta. (WWF, 2011)

Figura 436: Tala ilegal en la industria del papel

Fuente: http://wwf.panda.org

35. 2. 3. La reforma de comercio. El comercio ilegal e insostenible de madera y productos provenientes, conduce a la deforestación, costando miles de millones de dólares a la economía mundial cada año. (Porras, 2011)

Al vincular a proveedores, productos y compradores de toda la cadena de suministro de la industria forestal, la GFTN trabaja para eliminar la tala ilegal por el impulso de mejoras en la gestión forestal y las prácticas comerciales. GFTN fomenta los vínculos comerciales entre las empresas que se comprometen a lograr el manejo forestal responsable y la gestión sostenible de

los bosques y el comercio. La manera en como lo hacen es tratando de crear condiciones de mercado que apoyen la conservación de los bosques, brindando beneficios económicos y sociales a las empresas y personas que dependen de ellos. El GFTN proporciona un marco para las empresas: enfoque probado pasó a paso que permite a las empresas a desarrollar planes de manejo forestal, ayudando a la eliminación de productos de madera procedentes de fuentes no deseadas, y a aumentar las fuentes certificadas. (WWF, 2011)

35. 2. 4. Control en áreas protegidas. Un aspecto clave para lograr el objetivo de trabajar en una red mundial de buena gestión, es salvar la biodiversidad. Se debe tener una combinación entre:

- ✓ Estrategias de conservación a gran escala
- ✓ Proyectos de campo en muchos países para poder establecer, restaurar y gestionar de corma eficaz redes de áreas protegidas
- ✓ Labor de promoción y política
- ✓ Sociedades, incluyendo personas aledañas, comunidades locales, administradores de tierras, organizaciones no gubernamentales locales e internacionales, propietarios de tierras, gobiernos, centros de estudio e investigación, organizaciones internacionales, agencias de desarrollo, grupos empresariales, entre otros. (WWF, 2011)

Figura 437: Conservación de áreas protegidas

Fuente: http://wwf.panda.org

35. 3. Marco legal y político. Según las leyes de Guatemala, existen muchas legislaciones nacionales, acuerdos políticos y convenios nacionales, los cuales están vinculados a la política de educación ambiental y responsabilidad ambiental, entre las cuales encontramos:

- ✓ Constitución Política de la República
- ✓ Ley de Educación Nacional
- ✓ Ley de Fomento a la Difusión de la Conciencia Ambiental
- ✓ Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente
- ✓ Ley de Creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
- ✓ Reglamento Orgánico Interno del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
- ✓ Acuerdos de Paz
- ✓ Reformas Educativas
- ✓ Programas y Adendas Estratégicas Nacionales
- ✓ Estrategia Nacional de Educación Ambiental, entre otros. (MARN, 2007)

Figura 438: Educación ambiental

Fuente: http://blogtagena.bligoo.com.mx

35. 3. 1. Ley forestal. En la ley forestal, se trata más a fondo los temas forestales de mayor importancia respecto a la responsabilidad ambiental. Entre los cuales son:

- ✓ Reforestación y conservación de los bosques
- ✓ Manejo racional y sostenido de acuerdo a su potencial biológico y económico, fomentando el uso de sistemas y equipos industriales que logren mayor valor agregado a los productos forestales
- ✓ Conservar los ecosistemas forestales del país
- ✓ Respeto de las áreas que son declaradas áreas protegidas
- ✓ Aprovechamiento sostenible de los recursos forestales
- ✓ Prohibición de corte de árboles de especies protegidas y en vías de extinción
- ✓ Protección, conservación y restauración de los bosques de mangle
- ✓ Avisos de incendios a las autoridades civiles y militares
- ✓ El permiso de uso de fuegos controlados en áreas boscosas solamente si está incluido en el plan de manejo que fue aprobado por el INAB
- ✓ La obligación de informar al INAB de cualquier plaga o enfermedad forestal
- ✓ La obligación de reforestar y los métodos que aseguran la regeneración del bosque para la mantención de la extensión y calidad del bosque original
- ✓ La obligación de la reforestación mínima de la extensión talada cuando es tala rasa
- ✓ El incentivo de la utilización integral del árbol de parte del INAB
- ✓ Cualquier delito o falta contra los recursos forestales, como por ejemplo daño en tierras, explotación forestal, incendios forestales, recolección de productos forestales sin documentación, delitos contra el patrimonio nacional forestal, tala de árboles de especies protegidas, talar árboles sin autorización, provocar la destrucción o muerte de arboles productos de gomas, resinas, ceras o látex.
- ✓ Entre otros. (Ley Forestal, 1996)

35. 4. Programas y proyectos. Entre los programas y proyectos que tiene en ejecución actualmente el INAB respecto al tema del medio ambiente y su conservación, se listan los siguientes:

35. 4. 1. Proyecto de ecosistemas forestales estratégicos: CEFE. Es un proyecto de ecosistemas forestales estratégicos el cual formula y apoya acciones de manejo y conservación de ecosistemas forestales estratégicos en Guatemala, como base para el desarrollo presente y futuro del sector forestal y de la provisión sostenible de bienes y servicios para la sociedad en su conjunto.

Se trabaja en los siguientes proyectos:

- ✓ Desarrollar y promover instrumentos técnicos y mecanismos financieros que fomenten la conservación in situ y ex situ de la base genética de los recursos forestales, como base para el desarrollo a futuro del sector forestal: comité de expertos nacionales en el tema de conservación estratégica del recurso genético forestal.
- ✓ Fortalecer la gestión institucional relativa al manejo y conservación de tierras forestales estratégicas para las funciones de captación y regulación hídrica; por medio de la delimitación de estas tierras y la evaluación prácticas de los impactos hidrológicos del manejo forestal.
- ✓ Promover y apoyar iniciativas de compensación por servicios ambientales que proveen los ecosistemas forestales.
- ✓ Transferir la administración y manejo de las áreas protegidas a cargo del INAB, a organizaciones de la sociedad civil: Parque Nacional Volcán Pacaya, Parque Nacional Laguna El Pino, Parque Nacional El Rosario, Parque Nacional Las Victorias.
- ✓ Conservación de ecosistema manglar. (INAB, 2011)

Figura 439: Manglar en Costa Rica

Fuente: http://wwf.panda.org

35. 4. 2. Proyecto Parque Nacional Laguna Lachuá. El Parque Nacional Laguna Lachuá está situado en la franja transversal del norte, al noreste de Alta Verapaz, en el municipio de Cobán. Es una de las 219 áreas protegidas del sistema guatemalteco de áreas protegidas (SIGAP, 2011).

Tiene una extensión aproximada de 14,500 hectáreas en las que habitan una gran cantidad de especies de flora y fauna. Siendo de este total, 400 hectáreas correspondientes a la laguna que es su principal atractivo. Este proyecto desarrolla actividades que permiten la conservación del parque y la participación comunitaria, generando alternativas de desarrollo agrícola y forestal para las comunidades que se encuentran en la zona de influencia. Como esta laguna, existen 219 áreas protegidas. En el Apéndice "Capítulo 35", encontrará una lista detallada. (INAB, 2011)

Figura 440: Parque Nacional Laguna Lachuá

Fuente: http://www.cobantravels.com

35. 4. 3. Monitoreo y evaluación: seguimiento y evaluación de plantaciones forestales. El programa de "Seguimiento y Evaluación de Plantaciones Forestales" consiste en la implementación un sistema de manejo de información técnica relacionada a plantaciones forestales, para lo cual se establecen parcelas permanentes de medición forestal (PPMF) en donde se toman datos periódicamente de las variables diámetro y altura de los árboles los cuales posteriormente permiten obtener resultados como crecimiento, rendimiento y productividad. Estos resultados también pueden utilizarse como base para implementar planes de manejo forestal.

35. 4. 4. PROFOR. El proyecto PROFOR trabaja sobre tres grandes e importantes temas:

- ✓ *Incendios forestales:* coordinación con el Sistema de Prevención y Control de Incendios Forestales (SIPECIF)

Figura 441: Incendio forestal en Australia

Fuente: http://www.viajejet.com

- ✓ *Plagas forestales:* se desarrollan proyectos específicos de prevención, detección de focos y control.
- ✓ *Pinabete:* manejo de información y legalidad. (INAB, 2011)

35. 5. Deforestación.

De los bosques templados a los bosques tropicales, la deforestación sigue siendo un problema urgente del medio ambiente que pone en peligro los medios de vida de las personas, amenaza la especie, y se intensifica el calentamiento global. (Leonardi, 2010)

Figura 442: Fuego en Brasil

Fuente: http://wwf.panda.org

35. 5. 1. Pero, ¿qué es la deforestación?

Es el proceso mediante el cual los bosques naturales se eliminan a través del registro y/o esquema, ya sea para usar la madera o para sustituir a la zona para usos alternativos. De 12-15 millones de hectáreas de bosque se pierden al año, el equivalente a 36 campos de futbol por minuto. (WWF, 2011)

Entre los efectos de la deforestación más relevantes contamos con:

- ✓ *Reducción de la biodiversidad:* la deforestación y la degradación de los bosques puede causar la biodiversidad a declinar. Cuandose eliminala cubierta forestal, la faunase ve privadade su hábitat yse vuelve más vulnerablea la caza.Teniendo en cuentaque alrededor del 80% de las especies documentadasen el mundose puede encontraren las selvas tropicales, la deforestación pone en riesgola mayoríade la biodiversidadde la tierra.

Figura 443: Pinabete guatemalteco

Fuente: http://web.educastur.princast.es

- ✓ *Liberación de las emisiones de gases de efecto invernadero:* la deforestación causael 15% delas emisiones globales degases de efecto invernadero. De éstas,las emisionesde dióxido de carbono representanhastaun tercio delas emisiones totales dedióxido de carbono liberadodebido acausas humanas.
- ✓ *Interrupción de los ciclos de agua:*como resultado dela deforestación, los árboles no evaporanel agua subterránea, que puede causar el clima locales muchomás seco.
- ✓ *Aumento de la erosión del suelo*: la deforestaciónacelerala erosión del suelo, aumentandola escorrentía yla reducción de laprotección del suelode la hojarascade los árboles.
- ✓ *Medios de vida interrumpida:* millones de personas dependendirectamente de los bosques, a través de la pequeña agricultura, la caza yporla recolección de productosforestales.La deforestaciónsigue planteandograves problemas sociales, llevando a veces aconflictos violentos.

Figura 444: Efectos de la deforestación

Fuente: http://web.educastur.princast.es

35. 5.2. Reforestación. Los seres humanos tenemos cada día más dificultades para conseguir los bienes y servicios que los arboles y los bosques nos proporcionan. Frente a esta situación es necesario que todos los que nos beneficiamos de ellos contribuyamos de una u otra manera a producir y conservar el recurso forestal: la reforestación.

Algunas de las razones por las cuales se deben plantar árboles son las siguientes:

- ✓ Proveen productos importantes para los seres humanos (frutos, leña y carbón).
- ✓ Contribuyen a la conservación de fuentes de agua y a reducir el impacto de las inundaciones, así como evitar que se erosionen los suelos.
- ✓ Recuperan zonas deforestadas y con suelos degradados.
- ✓ Proporcionan belleza al paisaje y sirven para la recreación de las personas.
- ✓ Bridan el hábitat para otros seres vivos que viven en el bosque.
- ✓ Aumentan la fertilidad del suelo y eso mejor las cosechas cercanas.

- ✓ Contribuyen a descontaminar el ambiente (producen oxigeno, absorben dióxido de carbono y ayudan a reducir el calentamiento global).
- ✓ Permiten el aprovechamiento forestal.
- ✓ Los arboles de determinado lugar constituyen parte de la flora local y contribuyen a mantener el ecosistema en equilibrio.

Culturalmente, la mayoría de la población guatemalteca se alimenta con tortillas o pan y ambos generalmente se cocinan con leña. Por ello, se puede inferir que la mayoría de guatemaltecos y guatemaltecas utilizamos directa o indirectamente leña como un recurso energético para preparar parte de nuestra alimentación. Por otro lado, cada vez el tiempo necesario para recolectar la leña se hace más extenso, debido a que quieres van por la leña deben caminar trayectos más lejanos para obtener leña de calidad. En muchos casos, son los niños y niñas quienes se ausentan de la escuela por cumplir con la responsabilidad de obtener leña para combustible del hogar.

Una opción que busca la sostenibilidad forestal es la reforestación, la cual incluye todo el conjunto de acciones que conducen a poblar con árboles un área determinada. Para ello es necesario considerar varios factores antes de emprender actividades que conduzcan a plantar árboles. (Arrecis, 2007)

Figura 445: Reforestación

Fuente: http://www.radiowebrural.com

35. 5. 3. Repoblación forestal según la ley forestal. En los siguientes artículos, podemos observar las ***obligaciones*** que se tienen con la Ley Forestal respecto al tema de "Repoblación Forestal" o "Reforestación":

- ✓ *Articulo 66.* Obligaciones en la explotación de recursos naturales no renovables. Las personas que se dediquen a la explotación de recursos naturales no renovables o las que hagan obras de infraestructura en áreas con bosque, están obligadas a reforestar las áreas que utilicen conforme se elimine la cubierta arbórea y a proporcionarles mantenimiento durante un mínimo de cuatro años, lo que deberá estipularse en la concesión, licencia o contrato o cualquier otro negocio jurídico vinculado a la explotación o las obras de que se trate, incluyendo una fianza especifica de cumplimiento. Si las condiciones del terreno fueran adversas al establecimiento real del nuevo bosque, la reforestación se hará en otra área de igual extensión, localizada en la jurisdicción del mismo municipio o departamento, como segunda opción.

  Obligaciones de la repoblación forestal. Adquieren la obligación de repoblación forestal las personas individuales o jurídicas que:

  - o Efectúen aprovechamientos forestales de conformidad con las disposiciones contenidas en esta ley.
  - o Aprovechen recursos naturales no renovables en los casos previstos en el artículo 65 de esta ley.
  - o Corten bosque para tender líneas de transmisión, oleoductos, lotificaciones y otras obras de infraestructura.
  - o Corten bosque para construir obras para el aprovechamiento de recursos hídricos, o que como resultado de estos proyectos, se inunde áreas de bosque.
  - o Efectúen aprovechamiento de aguas de lagos y ríos de conformidad con el artículo 128 de la constitución política de la república de Guatemala. Los programas de repoblación forestal obligados, podrán realizarse en tierras de estado de las municipalidades, de entidades descentralizadas o en tierras privadas; pero será obligatorio que se realicen en la jurisdicción departamental donde se efectúa la actividad que obligue a la repoblación, de conformidad con este artículo.
  - o Las actividades de reforestación para cumplir las obligaciones correspondientes al presente artículo deberán ser contempladas en el respectivo plan de manejo debidamente aprobado por el INAB.

- ✓ *Artículo 68.* Sistemas de repoblación forestal. Para cumplir las obligaciones o realizar todo proyecto de repoblación forestal, se adoptará cualesquiera de los siguientes sistemas:
    - Regeneración natural dirigida;
    - Rebrote de tocones;
    - Siembra directa de semilla;
    - Siembra indirecta o plantación;
    - Combinación de los anteriores u otros métodos tendientes a la reposición del bosque.
- ✓ *Articulo 69.* Estudio de pre factibilidad en proyectos hidroeléctricos. Las entidades públicas o privadas que planifiquen la construcción de proyectos hidroeléctricos con una capacidad mayor de diez megavatios, deberán presentar el estudio de pre factibilidad al INAB para que dictamine sobre las obligaciones y actividades de repoblación forestal que deben comprenderse en el proyecto y cuya repoblación será efectuada prioritariamente en la parte alta de la cuenca donde se obtengan los recursos.
- ✓ *Articulo 70.* Condiciones que dan por concluidas las obligaciones de reforestación. Las obligaciones de reforestación se darán por satisfactoriamente cumplidas cuando el bosque, a los cuatro años de establecido, tenga la densidad aprobada en el plan de manejo, y cuente con las medidas de protección contra incendios y el estado fitosanitario sea conveniente para el bosque. (Ley Forestal, 1996)

Figura 446: Reforestación según la Ley Forestal

Fuente: http://www.treehugger.com

35. 6. La responsabilidad ambiental en una empresa

Es necesario que usted tanto los operarios como empresarios del sector forestal, sean conscientes de que todos los tipos de materiales que se utilizan y productos que resultan durante la cadena de valor de productos forestales, como plástico, colas y adhesivos, soluciones líquidas, combustibles y lubricantes, etc., poseen ciertos químicos, todos en diferentes cantidades, que dañan el ambiente y por consiguiente su salud y la de las personas que permanecen a su alrededor. (Arrecis, 2007)

35. 6. 1. Contaminación y residuos.

La contaminación del ambiente es por causa de lo siguiente:

- ✓ No realizar la separación en origen de los residuos, ni depositarlos en el lugar adecuado, lo que afecta negativamente a su posterior valorización.
- ✓ Utilizar para consumo productos químicos altamente tóxicos o peligrosos, incluidos en colas, barnices, tinturas sintéticas, lacas, etc.
- ✓ Gestionar de forma incorrecta los residuos peligrosos, incluyendo sus envases.
- ✓ Verter a la red de aguas residuales las aguas resultantes de un proceso con productos químicos sin depurar.
- ✓ Usar aerosoles y sistemas de climatización que sean perjudiciales para la capa de ozono.
- ✓ No controlar el polvo de madera desprendido de los procesos de fabricación.
- ✓ No cambiar los filtros de los sistemas de extracción con la frecuencia necesaria.
- ✓ No utilizar sistemas de aislamiento del ruido en la maquinaria más ruidosa.
- ✓ Incinerar los rechazos de control de calidad en lugar de re utilizarlos, con lo que se produce una emisión innecesaria de humos y gases de efecto invernadero a la atmósfera.

Todos los residuos deterioran el ambiente y destruyen la capa de ozono. Aunque algunos envases traen una etiqueta donde se indica que el material no daña la capa de ozono, siempre se deben de tomar precauciones y cuidados al desecharlos.

Es importante que en toda carpintería o fábrica de productos de madera sean establecidas políticas y normas orientadas a la protección ambiental, las cuales deben explicarle claramente a todos los trabajadores de todos los departamentos, lo que deben hacer para su protección y la del ambiente, cuando se trabaja con sustancias peligrosas. (INTECAP, 2005)

Es conveniente disponer de recipientes con tapaderas para almacenar todos los materiales que contengan químicos y los que se han usado en el proceso de aserrío como: envolturas de plástico, restos de cartón, wipe, lijas gastadas, papeles e instrumentos desechables que se utilizan para la actividad que se realiza en la empresa. Esto servirá para prevenir cualquier tipo de accidente por contaminación o el inicio de incendios debido a lo inflamable de los materiales. (Arrecis, 2007)

Figura 447: Toda causa tiene efecto

Fuente: http://wwf.panda.org

35. 6. 2. Consumo de materiales. Al realizar un buen aprovechamiento de materiales, se reduce la cantidad de desperdicio y materiales de desecho, para lo cual se le recomienda lo siguiente:

- ✓ Utilice madera procedente de explotaciones acreditadas como sostenibles; así se tendrá la garantía de que su extracción ha respetado el equilibrio ecológico del área de explotación.
- ✓ Aproveche al máximo los restos de cortes, ya sea re utilizándolos o bien vendiéndolos como materia prima.
- ✓ Emplee materiales realizados a partir de productos reciclados, como tableros y planchas fabricados a partir de conglomerados de madera.
- ✓ Conserve la madera con protectores químicos ecológicos, evitando contaminantes orgánicos persistentes (dieldrín, endrín, DDT y pentaclorofenol), caracterizados por su elevada toxicidad y su alto grado de daño al entorno.

- ✓ Compre equipos que tengan el menor impacto posible sobre el medio ambiente (baja emisión de ruido, eliminación del polvo, bajo consumo, respetuoso con la capa de ozono, etc.)
- ✓ Compre elementos consumibles que tengan pocos envoltorios y envases de un tamaño adecuado.
- ✓ Elija productos químicos poco agresivos, como los detergentes biodegradables y sin fosfatos, limpiadores no corrosivos, disolventes al agua, etc.
- ✓ Cumpla los requisitos de almacenamiento de cada tipo de madera para conservar al máximo su calidad y evitar su deterioro al exponerse a las inclemencias meteorológicas. (INTECAP, 2005)

35. 6. 3. Manejo de residuos. Para reducir la contaminación del ambiente se recomienda lo siguiente:

- ✓ Gestione desechos como aserrín, restos de madera, tableros, etc. A través de "bolsas de subproductos". Hay empresas que los aprovechan como materiales (fabricación de aglomerados) o como fuente de energía (incineración con aprovechamiento energético).
- ✓ Emplee sistemas eficaces al recoger polvo y virutas para evitar riesgos sanitarios y de incendios.
- ✓ Aísle la maquinaria y los equipos que actúan por impacto, puesto que producen elevados niveles de contaminación sonora. Se pueden utilizar pantallas, cabinas, anclajes, etc.
- ✓ Mantenga la maquinaria en funcionamiento sólo el tiempo necesario para evitar la contaminación atmosférica por emisión de ruidos.
- ✓ No queme en las calderas otros tipos de residuos que no sean madera, aserrín o virutas, siempre controlando la emisión de contaminantes atmosféricos y la posible recuperación de energía.
- ✓ Utilice los productos químicos en las cantidades mínimas recomendadas por el fabricante; así se reducirá el riesgo de contaminación de agua y aire.
- ✓ No queme ni deposite en contenedores convencionales los residuos sólidos procedentes de la encoladora. (INTECAP, 2005)

35. 7. Protección del bosque.

La protección del bosque se dedica a la prevención y/o control de daños que causan los agentes destructivos, realizando actividades específicas para su mantenimiento. Entre los principales agentes que causan daño al bosque se tiene:

- ✓ Incendios forestales
- ✓ Plagas forestales
- ✓ Sobre pastoreo
- ✓ Enfermedades
- ✓ Vegetación adversa
- ✓ Factores climáticos externos (temperatura, heladas, lluvias, viento, etc.)

Con excepción de los agentes climáticos externos, los humanos tienen gran participación en los restantes. (WWF, 2011)

Figura 448: Bosque destruido

Fuente: http://wwf.panda.org

35.7.1. Incendios forestales.

Los incendios forestales ocupan el primer lugar en la lista de los agentes destructivos y son los que causan mayor daño al bosque. Estos pueden tener un origen natural (descargas eléctricas) o provocados por actividades humanas.

Más del 90% de los incendios son causados por actividades humanas, como por ejemplo descuido de dejar fogatas mal apagadas, tirar cigarros encendidos, etc.

Entre las causas más comunes se cuentan con:

- o Fuegos intencionados
- o Fogatas no apagadas en su totalidad
- o Quemas agrícolas mal controladas

- Fósforos y cigarros encendidos lanzados al bosque

Entre los efectos se tienen:

- Destrucción o daño de árboles jóvenes
- Destrucción de futuras generaciones de semillas y plántulas
- Empobrecimiento del suelo
- Destrucción de bosques protectores de agua
- Perdida de hábitat para la fauna y la flora silvestre
- Aceleración y aumento de ataque de plagas y enfermedades (WWF, 2011)

Figura 449: Apagar fogata, prevención

Fuente: http://www.natura-medioambiental.com

35. 7. 1. 1. Tipos de incendios forestales. Existen distintos tipos de incendios, dependiendo de la cobertura la cual abarcan. La división es la siguiente:

- Incendios superficiales son los incendios más comunes, actúan sobre la capa de humus, vegetación herbácea, árboles pequeños y otro material orgánico existente en el suelo.
- Incendios de copa son aquellos que actúan quemando la copa de los árboles. El follaje queda totalmente destruido y los árboles mueren por sobrecalentamiento del cambium. En este tipo de incendios el factor determinante es el viento.
- Incendios subterráneos son los incendios que se producen debajo de la superficie del suelo, por la acumulación de materia orgánica. Generalmente el fuego produce poco humo y se propaga debajo de la superficie.(INTECAP, 2005)

35. 7. 1. 2. Prevención de incendios forestales. Los incendios forestales pueden ser prevenidos mediante el cumplimiento de disposiciones legales, la educación de los habitantes y la reducción del riesgo de incendios. La prevención más efectiva de incendios forestales, reside en la educación de las personas de la localidad y de quienes visitan las áreas con bosque.

Una medida de prevención es hacer una buena limpieza de brechas cortafuegos alrededor de la parcela para evitar la propagación de incendios forestales. Esta tarea se hace periódicamente para evitar que las malezas puedan ser pasto para las llamas en caso de un incendio y así permitir que las brechas funcionen como una barrera. (Leonardi, 2010)

Figura 450: Educación (Mejor manera de prevenir)

Fuente: http://wwf.panda.org

35.7.2. Plagas forestales. Las plagas son situaciones en las cuales ciertos animales (generalmente insectos y roedores) causan daños físicos a las raíces, corteza, hojas y frutos de los árboles y bosques. Dependiendo del tipo de bosque, algunas plagas también generan pérdidas económicas. (Leonardi, 2010)

Las plagas se originan cuando hay un desequilibrio en el bosque (cambios en las condiciones del clima, tipo de bosque, calidad del suelo y su manejo), lo que puede dar como resultado un aumento rápido de insectos dañinos.

La principal plaga que afecta a los bosques de coníferas en Guatemala es el insecto llamado gorgojo del pino. Mientras que los bosques latifoliados son afectados por la larva de una mariposa llamada el barrenador del cedro y la caoba. (INTECAP, 2007)

Figura 451: Plaga de cochinilla

Fuente: http://www.infojardin.com

35. 7. 2. 1. Prevención y control de plagas. Las plagas se pueden prevenir mediante un estricto control sanitario y mediante buenas prácticas forestales. Los árboles débiles, moribundos y muertos son focos de propagación de insectos y deben ser talados. Descortezar los troncos y el corte de árboles a ras del suelo previene el desarrollo de poblaciones de insectos. (WWF, 2011)

Cuando un bosque está atacado por una plaga, se hace el manejo mediante el control mecánico, químico, biológico o usando el control integrado:

- *Control mecánico:* consiste en eliminar los árboles o sus partes afectadas. El material se corta, se apila y se quema en el mismo lugar para evitar el traslado de la plaga.
- *Control químico:* implica combatir la plaga con plaguicidas químicos o naturales. Por ejemplo, el té de apazote ahuyenta a las hormigas y zompopos.
- *Control biológico*: consiste en utilizar a plantas o predadores naturales de las plagas que atacan a los árboles.
- *Control integrado*: también llamado manejo integrado de plagas. Evita el uso de agroquímicos y emplea varios métodos a la vez de manera permanente para controlar las plagas. Se basa en conocimientos de biología y ecología del bosque para evitar impactos negativos. (Leonardi, 2010)

Figura 452: Gorgojo de pino

Fuente: http://www.efa-dip.org

35. 7. 3. Enfermedades forestales. La mayoría de enfermedades forestales son causadas por hongos, como por ejemplo la “roya del pino”. La humedad y la temperatura influyen en su desarrollo; y la composición y manejo del bosque tienen mucho que ver en la ocurrencia de las enfermedades. En las plantaciones homogéneas, al no efectuar podas y raleos, así como las prácticas deficientes de explotación pueden originar enfermedades. (Leonardi, 2010)

35. 7. 3. 1. Prevención y control de enfermedades. Las enfermedades se pueden prevenir por medio de la correcta aplicación de prácticas silviculturales y evitar daños mecánicos e incendios forestales. La poda y el raleo oportunos también contribuyen a prevenirlas.

El control químico de los hongos causantes de las enfermedades se limita a la aplicación de fungicidas en el vivero. En los bosques se emplea el control mecánico, es decir, talar y quemar los árboles enfermos. (INTECAP, 2005)

Figura 453: Árbol enfermo

Fuente: http://www.infojardin.com

En Apéndice “Capítulo 35” podrá encontrar un mapa de las Plagas y Enfermedades registradas en el INAB en el 2009.

36. PRESERVANTES PARA MADERA

La madera puede ser protegida del ataque de hongos de pudrición insectos dañinos, o perforadores marinos mediante la aplicación de determinados productos químicos, preservantes de la madera. Son sustancias químicas, por lo general compuestos sólidos, que son usados normalmente en soluciones tales que, al ser aplicadas a la madera, le imparten características de durabilidad frente al ataque de hongos e insectos. (United States Departament of Agriculture, 1987) (RITL, 2010)

Los preservantes deben transformar la madera en un material venenoso para los organismos xilófagos que pretenden vivir o desarrollarse en su interior. (RITL, 2010)

En la solubilidad de éstas sustancias influyen los exudados ácidos o alcalinos de los agentes biológicos. La dosis mínima letal de cada preservante está dada por la menor cantidad de producto químico activo, en relación al sustrato, necesaria para eliminar al enemigo biológico. (RITL, 2010)

El grado de protección obtenido depende del tipo de preservante utilizado y en el logro de una adecuada penetración de la retención de los productos químicos. Algunos preservantes son más efectivos que otros, algunos son más adaptable a las necesidades de uso determinado. (United States Departament of Agriculture, 1987)

Buenos preservantes de madera, aplican una retención recomendada y una penetración satisfactoria a la madera, aumentan en gran medida la vida de las estructuras de madera, de 5 a 10 veces. Al considerar los procesos de tratamientos de protección y la especie de madera, la combinación debe proporcionar la protección requerida por la condición de la exposición de la vida de la estructura. (United States Departament of Agriculture, 1987)

36.1. Requisitos de un preservante

Para que una sustancia química pueda ser reconocida como preservadora de la madera debe reunir las siguientes características que la acreditan como tal:

36.1.1. Toxicidad:

La toxicidad es fundamental para los preservantes con el fin que puedan controlar o anular la actividad de los elementos biológicos que afectan a la

madera. Cantidades menores, pero cercanas a la dosis mínima letal sólo inhiben el desarrollo de los organismos xilófagos, pero no los elimina; es decir, se ejerce una acción fungistática, pero no fungicida, si se toma a los hongos como ejemplo. La dosis mínima puede variar en cada preservante, el conocimiento de ella es sumamente importante para la eficacia del tratamiento preservador y para los aspectos económicos de la impregnación de la madera. (RITL, 2010)

Un buen preservante es toxico para los destructores de la madera. Para ello, un preservante debe ser al menos parcialmente soluble en los fluidos biológicos del organismo atacando; cierta solubilidad en agua es un buen indicador de esta capacidad. Como lo que se refiere a la duración de la acción preservante de cualquier producto químico determinado debe ser tan largo como la vida de la estructura. El preservativo no debe evaporarse lejos de la madera tratada, ni debe ser transformado en otras sustancias químicas no tóxicas o ser lixiviados cuando la madera entra en contacto con el agua. (Gurfinker, G.; 1981:113)

36.1.2. Penetrabilidad: La penetración o profundidad que alcanza un preservante en la madera es un factor que depende del grado de viscosidad del producto químico, de las características y contenido de humedad de la madera y del método de tratamiento, entre otros. (RITL, 2010)

La madera puede ser bien protegidos sólo cuando el preservante sustancialmente penetra, y algunos métodos de tratamiento de asegurar una mejor penetración que otros. También hay una diferencia en la posibilidad de tratamiento de varias especies de madera, en particular de su duramen, que por lo general se resiste a un tratamiento conservador más de albura. (United States Departament of Agriculture, 1987)

Algunas sustancias químicas reaccionan con la madera para dar lugar a precipitados insolubles que disminuyen o impiden su penetración, sobre todo, si estos se producen rápidamente y finalmente, se debe indicar que existen maderas que por su naturaleza tienen alto peso específico o baja porosidad, o que sus conductos se hallan taponados por gomas o resinas, lo cual las hace impenetrables y, en consecuencia, difíciles de preservar. (RITL, 2010)

36.1.3. Permanencia: La madera tratada debe durar muchos años. Para que el preservante ofrezca esta garantía, los componentes tóxicos que poseen deben ser de tal naturaleza que pueden fijarse a la madera en forma permanente, lo cual generalmente se

consigue por la formación de precipitados insolubles a reacciones químicas y que conservan su grado de toxicidad. En otras palabras, los precipitados tóxicos no deben alterarse por lixiviación, volatilización o por cambios químicos. (RITL, 2010)

36.1.4. Inocuidad: Los preservantes deben ser seguros de manejar. En general, no pueden exigir del hombre otros cuidados que los requeridos para los productos químicos corrientes.

Algunos productos ofrecen cierto riesgo para las personas que los manipulan, ya que concentrados son tóxicos para el hombre y los animales domésticos ; sin embargo, esto mismo ocurre con una serie de productos químicos que son usados frecuentemente en la industria o el hogar. Sólo cuando un preservante entraña un riesgo especial se le debe clasificar como peligroso. (RITL, 2010)

36.1.5. No corrosivo: Los preservantes no deben ser corrosivos para los metales (clavos, pernos, equipos, etc.). (RITL, 2010)

36.1.6. No combustible: Los preservantes no deben aumentar el poder de combustión de la madera tratada. En algunas fórmulas se incluyen sustancias inhibidoras de la propagación del fuego. (RITL, 2010)

36.1.7. De fácil aplicación: Los preservantes no deben ofrecer dificultades para su incorporación en la madera. (RITL, 2010)

36.1.8. Permitir acabados: Los preservantes no deben interferir en los acabados que se realicen en la madera tratada, como poder pintarla si se quiere. (RITL, 2010)

36.1.9. No fitotóxicos: La madera impregnada empleada en ciertas labores agrícolas, no deben afectar a los productos como la vid, pimiento, maracuyá y otros que pueden crecer sobre soportes o tutores. (RITL, 2010)

36.1.10. Económicos y accequibles: El costo de los preservantes influye sobre el valor final de la madera tratada. Cuando éste es muy elevado, incide significativamente en el costo del tratamiento y puede llegar a impedir que la madera

impregnada compita con aquella sin tratamiento o con otros materiales capaces de sustituirla. En la selección de un preservante debe tenerse en cuenta su disponibilidad en los mercados locales y el destino que se pretenda dar a la madera tratada. (RITL, 2010)

Tabla 101: Resumen de requisitos de un preservante

Característica	Descripción
Toxicidad	Toxico para los destructores de la madera y no para el humano.
Penetrabilidad	Profundidad que alcanza un preservante en la madera.
Permanencia	Tiempo de duración del preservante en la madera tratada.
Inocuidad	Preservante seguros de manejar
No corrosivo	No deben ser reaccionar con os metales u objetos con contacto
No combustible	No deben aumentar el poder de combustión de la madera tratada
De fácil aplicación	De facilitar su uso al aplicarlo a la madera
Permitir acabados	No deben interferir en acabados
No fitotóxicos	No debe inhibir el crecimiento de plantas
Económicos y asequibles	Aumento considerablemente en el costo final de la madera tratada.

Fuente: Elaboración propia, 2011

36.2. Tipos de preservantes

Los preservantes de la madera se dividen en dos clases generales: 1) Preservantes olosolubles o aceites, como la creosota y soluciones de petróleo, pentaclorofenol; y 2) Preservantes hidrosulubles o sales solubles en agua. (United States Departament of Agriculture, 1987)

36.2.1. Preservantes hidrosolubles:

El agregado de cromatos alcalinos en las multisales modernas tiene la misión de fijar los componentes y contrarrestar la actividad corrosiva de algunos compuestos ácidos

Las sales solubles en agua ofrecen una mayor garantía frente a los peligros de incendio. Las sales preservantes tienen en su composición un elemento fungicida como el cobre y un insecticida como el arsénico o el boro ; además, se incluye un fijador como el cromo. La toxicidad de las sales se expresa como Factor Oxido, que es la sumatoria de los pesos porcentuales de cada componente expresado como óxidos, ya que son éstos los que determinan la actividad tóxica de la sal. (RITL, 2010)

36.2.1.1. Arseniato Cromado de Cobre (CCA): El CCA se compone de una mezcla de cobre, cromo y arsénico formulado como óxidos o sales, utilizado desde 1928. En Guatemala consiste en una solución al 60%, la mezcla contiene 38.5% de ácido crómico (CrO_3), 11.10% de óxido cúprico (CuO) y 20.40% de pentóxido de arsénico (As_2O_5). (Producción más Limpia, 2007)

El CCA es un plaguicida que protege la madera debido a sus agentes activos, el cobre es un potente fungicida que previene la pudrición causada por los hongos; el componente principal en insecticidas, arsénico, es un micro elemento que detiene el ataque de las termitas y otros insectos que atacan la madera. El cromo actúa como un agente químico de fijación, posee propiedades de preservante pero ayuda a los demás productos químicos se fijen en la madera. Este plaguicida también tiene la capacidad de mejorar el tiempo de resistencia de la madera tratada y puede ayudar a la adhesión de pintura a largo plazo. (Monaghan, 2007) (SWST, 2004) (AWPA, 2011)

Es reconocido por el color verdoso que confiere a la madera, el CCA es un preservante comúnmente utilizado por muchas décadas. Pero posee la característica que con el tiempo, pequeñas cantidades de sus componentes, en especial arsénico, pueden filtrarse fuera de la madera tratada. Es decir, los compuestos químicos pueden lixiviar de la madera en el suelo circundante. Esto se da particularmente en el caso en ambientes ácidos, como ejemplo, suelos de arcilla o tierras que son más alcalinos que neutros. Debido a esto la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos restringió el uso de la CCA presentándolo como un peligro para la salud en algunos países (Estados Unidos, Canada, UE y Australia). (SWST, 2004)

Un riesgo más grave se presenta cuando la madera tratada con CCA se quema en espacios confinados como un fuego interno. Debido a que los residuos luego de ser quemada

la madera tratada representan un alto nivel toxico, más aún que el mismo CCA. (SWST, 2004)

El CCA a pesar de ser muy utilizado con el tiempo han existido modificaciones en los sistemas inorgánicos, como sustitución de parte de arsénico por zinc, como el ACZA (Sales amoniacales de cobre, zinc y arsénico) o bien sustituir completamente el boro por el arsénico (CCB- Bocato de cromo-cobre). Otros preservantes como el CCA que incluyen los compuestos de cobre cuaternarios alcalinos (ACQ-Alcaline Copper Quaternary), el cobre azoles (CuAz), amoniacal arseniato de zinc y cobre (ACZA- Amnoniacal Copper Zinc Arsenate), el cobre citrato, y el cobre HDO (CuHDO). (AITIN, 2010) (AWPA, 2011)

Existen diferentes tipos de CCA, los tipos I, II y II de arseniato de cobre cromado (CCA) están cubiertos en la Especificación Federal TT-W-550 y AWPA estándar P5. Las composiciones de los tres tipos de acuerdo a la especificación federal figuran en la Tabla 33.2. Las especificaciones anteriores permite sustitución de dicromato de potasio o de sodio de trióxido de cromo, sulfato de cobre, carbonato básico de cobre, hidróxido de cobre o de óxido de cobre y ácido arsénico o arseniato de sodio de pentóxido de arsénico. (United States Departament of Agriculture, 1987)

Tabla 102: Composición de tres diferentes tipos de CCA

Componente	**Tipo I**	**Tipo II**	**Tipo III**
	Partes por peso		
Trióxido de cloro	61	35.3	47
Óxido de cobre	17	19.6	19
Pentóxido de arsénico	22	45.1	34

Fuente: United States Departament of Agriculture, 1987

Altas retenciones de los tres tipos de preservativante de CCA ofrecé una buena resistencia al ataque del taladrador marino Limnoria y Teredo, insectos xilófagos que atacan la madera. (United States Departament of Agriculture, 1987)

36.2.1.2. Compuestos Cuaternario de Cobre Amoniacal (ACQ): ACQ se compone de compuesto de cobre 66% y 33% de un compuesto de amonio cuaternario, Didecil Dimetil Cloruro de Amonio (DDAC- Didecyl Dimethyl Ammonium Chloride). Tanto el cobre y los componentes de amonio cuaternario son efectivos contra los hongos destructores de la madera y los insectos que ingieren la madera. Insectos que no

ingieren la madera, tales como las hormigas carpinteras o escarabajos barrenadores no se ven afectados por el tratamiento ACQ. Aunque el cobre en el ACQ es ampliamente eficaz contra la mayoría de los hongos, no es efectiva contra todo tipo de hongos por lo que no puede ser utilizado como conservante único. El uso de la DDAC como cobiocida junto con el cobre da la madera tratada con ACQ poseen muy buena resistencia a los hongos. (Monaghan, 2007) (SWST, 2004) (AITIN, 2010)

La forma más usual de ACQ utiliza etanolamina como la solución portadora (ACQ-D). La investigación reciente indica que el ACQ-D es relativamente resistente a la lixiviación debido a las reacciones químicas dentro de la fijación de la madera que se producen con rapidez en unas horas luego del tratamiento. La reacción de fijación para el ACQ-D empieza en parte con la rápida formación de insolubles de cobre y de madera con aminas y complejos sobre el envejecimiento da compuestos insolubles de cobre en la madera. (Monaghan, 2007) (Simpsons Strong-Tie Company, 2011)

ACQ-B es otra forma de conservantes que utiliza amoníaco como el portador en lugar de etanolamina. El amoniaco ayuda al ACQ-B a penetrar las maderas más difíciles de tratar como lo es el abeto. ACQ-B no sufre las mismas reacciones rápidas como la fijación del ACQ-D y la madera debe ser secada al horno o preparada en forma adecuada para la exposición al aire libre para asegurarse que la fijación se produjo. (Simpsons Strong-Tie Company, 2011) (AITIN, 2010)

36.2.1.3. Cobre Azol (CA) o Azol de Cobre-Boro (CBA): CBA o conservantes cobre boro azoles se componen típicamente de 49% de cobre, 49% de ácido bórico y el 2% de un triazol orgánicos, tales como tecbuconazole o propiconazol. Al igual que en el ACQ, el cobre en la CBA es eficaz contra la mayoría de los hongos y los insectos, pero necesita un auxiliar de fungicida. El ácido bórico es eficaz contra los insectos y hongos, pero es soluble en agua y está sujeta a la lixiviación de la madera. Tecbuconazole es un fungicida eficaz y es resistente a la lixiviación de la madera, pero su eficacia como insecticida es todavía incierto. Propiconazol es un fungicida eficaz, pero se considera ineficaz como insecticida. El tratamiento de CBA está siendo suplantado por lo general el tratamiento de cobre azoles recientemente aprobado (CA), que no tiene el boro y tiene niveles más altos de cobre y triazol. CA es del 96% de cobre y utiliza 4% triazol orgánicos como el co-biocida y se utiliza generalmente en un portador de etanolamina. (Monaghan, 2007)

En general, el cobre azole posee ventajas y desventajas estas son:

Ventajas:

- ✓ Protege a la madera contra hongos de pudrición e insectos.
- ✓ Es de baja contaminación y bajo efecto sobre el medio ambiente.
- ✓ Se puede usar en maderas sobre el suelo o empotradas en él.
- ✓ Es un producto libre de arsénico y cromo

Desventajas:

- ✓ Tiene un nivel de toxicidad relativamente alto
- ✓ Su costo es considerablemente mayor, debido a que solo sien
- ✓ El aspecto de la madera tratada con cobre del azole presenta una coloración verde debido al cobre que posee.

36.2.1.4. Cromato ácido de cobre (Celcure): El cromato ácido de cobre contiene, de acuerdo con la especificación federal TT-W-546 y AWPA estándar P5, un 31.8% de óxido de cobre y el 68.2% de ácido crómico. Una cantidad equivalente de sulfato de cobre, dicromato de potasio o dicromato de sodio puede ser usado en lugar de óxido de cobre. La madera impregnada con cromato ácido de cobre presenta buena resistencia a la descomposición y ataque de las termitas. Según prueba realizas por el Laboratorio de Productos Forestales y de la Marina de los Estados Unidos mostró que la madera impregnada con un mínimo de 0.5 libras por pie cúbico de celcure es resistente al ataque del taladrador marino. La protección contra la polilla de mar, sin embargo, es mucho menor que la que ofrece un tratamiento estándar de creosota. (United States Departament of Agriculture, 1987)

36.2.1.5. Arseniato de cobre amoniacal: De acuerdo con la especificación federal TT-W-549 y AWPA estándar P5 el arseniato de cobre amoniacal (chemonite) debe contener aproximadamente 49.8% de óxido de cobre o una cantidad equivalente de hidróxido de cobre, el 50.2% por ciento de pentóxido de arsénico. Con el fin de mejorar la solubilidad de este sistema, se puede añadir un 1.7% de ácido acético. La retención neta de conservante se calcula de la libra de óxido de cobre mas pentóxido de arsénico por metro cúbico de madera tratada. (United States Departament of Agriculture, 1987)

36.2.1.6. Cloruro de zinc cromado: Cloruro de zinc cromado se desarrolló en 1934. Según las especificaciones federales TT-W.551 y en AWPA estándar P5 el cloruro de zinc cromado $(FR)^2$ se incluye como un producto químico ignífugo. Las

especificaciones requieren que contienen el 80% de óxido de zinc y 20% deóxido de cromo. Cromato de sodio puede ser sustituido por el trióxido de cromo y cloruro de zinc para el óxido de zinc. El preservante es moderadamente eficaz en contacto con el suelo o en las medios humedos, siendo efectivo en condiciones secas. Sus principales ventajas son su bajo costo y facilidad de manejo en el tratamiento de las plantas. La mayoría de las normas no permiten que este presevante se utilice en contacto con el suelo. (United States Departament of Agriculture, 1987)

El cloruro de zinc cromado (FR), contiene 80% de cloruro de zinc cromado, un 10% de ácido bórico, y el 10% de sulfato de amonio. Retenciones de entre 1-1/2 a 3 libras por pie cúbico de madera proporcionan una protección combinada contra el fuego, la descomposición y al ataque de insectos. (United States Departament of Agriculture, 1987)

36.2.1.7. Fluor cromo arsenato fenólico: La composición de la harina de arseniato de cromo fenol (FCAP) está incluido en la especificación federal TT-W-535 y el AWPA estándar P5. Los ingredientes activos del preservante son: 20% de fluorouro, 37% de trióxido de cromo, 25% de pentóxido de arsénico y 16% de dinitrofenol. (United States Departament of Agriculture, 1987)

Para evitar las manchas desagradables el pentaclorofenato de sodio es sustituido en la misma cantidad para el dinitrofenol. El fluoruro de sodio o de potasio puede ser utilizado como una fuente de flúor. El cromato de sodio o dicromato puede ser usado en lugar de trióxido de cromo. El arseniato de sodio puede ser utilizado en lugar de pentóxido de arsénico. (United States Departament of Agriculture, 1987)

Existen varios tiposde FCAP, el FCAP tipo I (Wolman salts) y el FCAP tipo II (Osmosalts) se desempeña bien en las estructuras de madera sobre el suelo, pero en general no se recomienda su uso si existe contacto con el suelo. (United States Departament of Agriculture, 1987).

Tabla 103: Parte 1. Preservantes para madera contra efectos de agua

Tipo de preservante	Composición			Ventajas	Desventajas
Cromato ácido de Cobre (Celcure)	31.8% de oxido de cobre, el sulfato de cobre, el dicromato de potacio o dicromato de sodio se pueden sustituir por el óxido de cobre			- Buena protección contra insectos y deterioro - Puede pintarse - No tiene olor objetable - Impregnada con 0.5lb/pie^3 (8.10kg/m^3) - La madera tiene la misma resistencia al ataque del barenador marino	-La madera puede estar en contacto con el agua o el suelo, pero el grado de impregnación depende del uso final de la madera
Arsenato de Cobre cromado	Partes por peso				
	Trióxido de cromo	Óxido de cobre	Pentóxido de arsénico		
Tipo I (Erdait, Greensalt, Tanlith y CCA)	61	17	22	- Excelente protección contra deterioro, hongos y termitas; buena resistencia contra el barrenador marino cuando solo esta presentes *Limnoria* y *Terdeo*	-La madrea puede estar en contacto con el suelo -Se usa en agua salada sólo cuando están presentes los barrenadores *Limnoria* y *Terdeo*
Tipo II (Boliden, K33)	35.3	19.6	45.1	-Buena protección contra deterioro y ataque de insectos Se puede pintar Olor no objetable	-Puede estar en contacto con el suelo o agua
Tipo III (Wolman, CCA)	47	19	34		
	Se permiten las siguientes sustituciones: bicromato de sodio o potasio por el trióxido de cromo; sulfato de cobre, carbonato básico de obre o trióxido de cobre por el óxido de cobre; y acido arsénico o arsenato de sodio por pentóxico de arsénico				
Arsenito de Zinc Metálico	60 partes de ácido arsenioso y 40 partes de óxido de zinc con suficiente ácido acético para mantener los conservadores en solución			-Buena protección contra deterioro e insectos -Se puede pintar Olor inobjetable	-La madera se puede usar en contacto con el suelo, pero en general no se recomienda el contacto con el agua

Fuente: Hornbostel, 1999:554

Tabla 104: Parte 2. Preservantes para madera contra efectos de agua

Tipo de preservante	Composición	Ventajas	Desventajas
Cloruro de Zinc Cromado	80% de óxido de zinc y 20% de trióxido de cromo; se permite las siguientes sustituciones: cloruro de zinc por óxido de zinc; y bicromato de sodio por trióxido de cromo	-Moderadamente efectivo en contacto con el suelo o en instalaciones; buena protección contra cualquier condición más seca	-No se debe usar en contacto con el suelo o agua; tiene cierta acción filtrante
Cloruro de Zinc Cromado (FR)	80% de cloruro de zinc cromado, 10% de ácido bórico y 10% de sulfato de amonio	-La retención 1 ½ - 3lb/pie^3 (24.03-48.06kg/m^3) proporciona protección contra el deterioro y el ataque de insectos y tiene buenas características como retardador de la combustión	
Arsenato de cobre amoniacal (Quimonita)	49.8% de óxido de cobre, 50.2% de pentóxido de arsénico, 1.7% de ácido acético; se permite las siguientes sustituciones: hidróxido de cobre de óxido de cobre, y trióxido de arsénico por pentóxido de arsénico.	-Buena protección contra deterioro y ataque de termitas; protección contra ambientes marinos, cuando los barrenadores tipo *pholand* no están presentes	-La madera puede estar en contacto con el suelo o agua, pero el grado de impregnación y la alta retención de los conservadores depende del uso final de la madera
Arsenato de Zinc Cromado	20% de ácido arsénico, 21% de arsenato de sodio, 10% de bicromato de sodio y 43% de sulfato de zinc	-Buena protección contra deterioro y termitas se puede pintar -Olor no objetable	La madera puede estar en contacto con el suelo, pero no con el agua
Flúor cromo Arsenato fenólico (Salas de Wolman, Osmosalts)	22% de fluoruro 37% de trióxido de cromo, 25% de pentóxico de arsénico y 10% de binitrofenol; se permiten las siguientes sustituciones: pentaclorofenato de sodio por binitrofenol; fluoruro de sodio o potasio por fluoruro; cromato de bicromato de sodio por trióxido de cromo y arsenato de sodio por pentóxido de arsénico	-Buenas protección contra deterioro, hongos e insectos en construcción de madera sobre el nivel del terreno y protección moderada cuando está en contacto con el suelo	-La madera no se puede usar en contacto con el suelo o el agua, cuando se requiere buena protección para esas condiciones

Fuente: Hornbostel, 1999:554

36.2.2. Preservantes oleo-solubles o solubles en solventes orgánicos (LOSP -Light Organic Solvent Preservative):Son estables y resisten la lixiviación en madera expuesta a la intemperie ; no se recomienda utilizar pinturas o barnices en maderas tratadas con estos preservadores. Se conocen varios tipos de estos preservantes:

Una ventaja de estos preservantes es que la madera no se hincha al aplicarlos, pero puede reducir su tamaño si se pierde la humedad durante el proceso de tratamiento. Creosota y soluciones más pesadas, los aceites de petróleo menos volátil a menudo ayudan a proteger la madera de la intemperie, pero pueden influir negativamente en su limpieza, olor, color, acabado, y resistencia al fuego. El tratamiendo con preservantes oleaginosos a veces migran a clavos o al subsuelo y la decolora el suelo adyacente. (United States Departament of Agriculture, 1987)

36.2.2.1. Creosota: La creosota es una mezcla de sustancias químicas que se usan para describir un grupo de productos: creosota de alquitrán de hulla, creosota de madera, y creosota de brea o petroleo. Estos productos, desde el punto de vista de su composición, se trata de mezclas de unos 200 compuestos químicos, la mayoría de los cuales derivados de hidrocarburos aromáticos, obtenida al calentar carbón (creosota de alquitrán de hulla) o madera (creosota de madera) o de la resina del arbusto de creosota, a temperaturas muy altas. (CTT, 2007) (Olmedo C., 2007)

La preservación de la madera con creosota, debe cumplir con los requisitos de las normas técnicas; por ser una mezcla de compuestos que puede variar en cierta extensión. (RITL, 2010)

Cuando la creosota está recién obtenida es un aceite amarillo claro, con tinte verdoso, pero cambia rápidamente a un color marrón oscuro por oxidación en contacto con el aire. El olor de alquitran generalmente se debe a la presencia del naftaleno predominante. Son muy inflamables, formándose por combustión humos tóxicos. En grandes cantidades, la creosota es sumamente tóxica. La creosota es completamente soluble en cloroformo, tetracloruro de carbono, éter y alcohol absoluto. (Olmedo C., 2007)

La creosota no es conductora de la electricidad y reduce la corrosión y el desgaste mecánico por lubricación, pero la madera tratada no puede ser trabajada con facilidad. No se

le recomienda para las aplicaciones donde haya contacto humano, como es el caso de barandas, sillas, bancos y otros, debido a los problemas de exudación que afectarían la salud produciendo alergias o irritaciones de la piel. Este preservante se viene usando con todo éxito en postes, durmientes, pilotes y muelles. (RITL, 2010)

La creosota es un producto de la destilación de carbón bituminoso, consistente en una mezcla de más de cuarenta importantes compuestos tóxicos a hongos e insectos. Su aplicación por lo general es por medio de método a base de presión. Desventajas para ciertos usos con el hecho de que la superficie de la madera queda muy sucia, imposibilitando su pintado y el mal olor que despide. Por lo que la creosota es un preservativo no es apto en apariencia y cavados. (Fernandez, F.; P. Echenique, 1986:130) (United States Departament of Agriculture, 1987)

36.2.2.1.1. La creosota de alquitrán de hulla: La creosota de alquitrán de hulla, un aceite de color negro o marrón hecho de la destilación de alquitrán de hulla, es uno de los conservantes de la madera más importantes y útil. Sus ventajas son: (1) Alta toxicidad de los otros organismos destructores de la madera, (2) relativamente insoluble en agua y baja volatilidad, que confieren a un alto grado de permanece bajo las condiciones de uso más variadas, (3) la facilidad de Aplicaciones; (4) la facilidad con la que su profundidad de penetración se puede determinar (5) la disponibilidad general y relativo bajo costo (si se compran en cantidades al por mayor), y (6) largo historial de uso satisfactorio. (United States Departament of Agriculture, 1987)

La creosota obtenida por destilación destructiva de hulla bituminosa, más pesada que el agua, constituido principalmente por hidrocarburos, ácidos y bases orgánicas, de aspecto aceitoso y liquido entre 18 y 20°C. El carácter del alquitrán utilizado, el método de destilación, y el rango de temperatura en el que las fracciones de la creosota se colectan, todas estas características influyen en la composición de la creosota. Por lo tanto, la composición de los diversas creosotas de alquitrán-hulla disponibles puede variar en gran medida. Las pequeñas diferencias en la composición, sin embargo, no impiden que las creosotas de alquitran proporcionesn resultados satisfactorios en la prevención del descomposición. (RITL, 2010) (United States Departament of Agriculture, 1987)

El olor de la madera tratada con creosota es desagradable para algunas personas. Además, los vapores de creosota son perjudiciales para el cultivo de plantas y productos alimenticios que son sensibles a los olores. Se debe trabajar con las precaución para evitar el contacto directo con la creosota, debido a puede quema la piel de la cara y las manos. (United States Departament of Agriculture, 1987)

La creosota líquida utilizada en la preservación de maderas es una creosota modificada por la extracción de los productos cristalizables a temperatura ambiente como antraceno, fenantreno, naftaleno y fluoreno. El aceite de antraceno o carbolineum es menos volátil y menos tóxico que la creosota ordinaria lo que hace indispensable su aplicación en mayor cantidad. (RITL, 2010)

Se puede realizar con la creosota soluciones con petróleo o derivados de éste, también se puede reforzar la solución con pentaclorofenol o naftenato de cobre. (RITL, 2010)

36.2.2.1.2. Creosota solución: El alquitrán de hulla o el petróleo se ha mezclado con creosota de alquitrán de hulla, en diversas proporciones, para reducir los costos del preservante. Según las especificaciones Federal TT-C-650, la solución de creosota de alquitrán de hulla abarca cinco clases de soluciones de creosota de alquitrán de hulla. Clase I contiene no menos de 80 por ciento de destilado de alquitrán de hulla (creosota) por volumen, o de clase II, el 70 por ciento, de clase III, el 60 por ciento; clase IV, el 50 por ciento, y la clase V no menos de 60 ni más del 75 por ciento de carbón de hulla destilado. Las clases I y II son para las pilas de la tierra y de agua dulce, postes, palos, madera estructural, y los lazos puente. Clase III y IV son para varas y bigas. Clase V es para las pilas, madera y estructura de madera utilizados en las aguas costeras. (United States Departament of Agriculture, 1987)

Las soluciones de creosota de alquitrán de hulla, en comparación con la creosota común, tienden a reducir la erosión y la comprobación de la madera tratada, Las soluciones pueden tener una mayor tendencia a acumularse en la superficie de la madera tratada y puede penetrar en la madera con mayor dificultad, debido a que generalmente son más viscosos que la creosota común. Las altas temperaturas y presiones durante el tratamiento, cuando se pueden usar con seguridad, a menudo mejorar la penetración de soluciones de alta viscosidad. (United States Departament of Agriculture, 1987)

Aunque el aceite de petróleo y alquitrán son menos tóxicos para los organismos destructores de la madera que la creosota común, y sus mezclas con creosota también son menos tóxicos en las pruebas de laboratorio, una reducción de la toxicidad no implica una menor protección conservante. Las soluciones de creosota de petróleo y soluciones de creosota de alquitrán de hulla ayudan a reducir el chequeo y el desgaste de la madera tratada. Con frecuencia la madera tratada con las formulaciones de estas soluciones han demostrado

un mejor servicio que los tratados de manera similar con creosota de alquitrán de hulla común. (United States Departament of Agriculture, 1987)

36.2.2.1.3. Otras creosotas: Creosotas destiladas de alquitranes u otros distintos del alquitrán de carbón se utilizan en cierta medida de conservación de la madera, a pesar de que no se incluyen en las especificaciones actuales Federal o AWPA (American Wood Protection Association). Estos incluyen creosota de alquitrán-madera, cresosota de aceite-alquitrán y creosota de agua-gas-alquitrán. Estas creosotas proteger la madera de la descomposición y al ataque de insectos, pero son generalmente menos eficaces que la creosota de alquitrán de hulla. (United States Departament of Agriculture, 1987)

36.2.2.1.4. Alquitrán: Alquitranes de hulla rara vez se utilizan solo para la preservación de madera, ya que una buena penetración suele ser difícil de obtener y porque son menos eficaces contra los hongos destructores de la madera que la creosota de alquitrán de hulla. El alquitrán de hulla se ha utilizado en el tratamiento de la presión, pero ha sido difícil conseguir que el alquitrán de alta viscosidad penetre en la madera de manera satisfactoria. Cuando la absorción y penetraciones se obtienen, sin embargo, es razonable esperar un grado satisfactorio de eficacia del tratamiento con alquitrán de hulla. El alquitrán ha sido particularmente eficaz en la reducción de la comprobación de traviesas en sevicio. (United States Departament of Agriculture, 1987)

Agua-gas-hulla se utiliza menos extensamente que el alquitrán de hulla, pero en ciertos casos donde se impregna la madera a fondo, los resultados fueron buenos.
En general, se puede mencionar algunas desventajas y ventajas de la creosota:

Ventajas:

- ✓ Impide la acción de organismos que naturalmente se alimentan de madera (xilófagos) y producen su desintegración en forma acelerada, tales como termitas, hongos, insectos lo que puede llevar a un colapso imprevisto de la estructura.
- ✓ Buenas cualidades biocidas para los agentes causantes del deterioro de la madera
- ✓ Debido a su carácter oleoso no penetra en la tierra impidiendo la contamición de las napas acuíferos. En caso de exudar (lo cual ocurre unicamente si después del tratamiento no se lo deja orear el tiempo indicado) no se extiende más de 50 milímetros del contorno del poste o estaca.
- ✓ Resistente a la lixiviación.

- ✓ Aísla la madera del efecto de radiación UV y del viento, dos factores que degradan las fibras más externas y facilitan la penetración de microorganismos que se alimentan de celulosa, provocando la descomposición de la madera que sirve a la intemperie.
- ✓ Permite alcanzar altos grados de penetración y retención en la madera, dando una vida útil de la madera de 30 a 50 años, siempre y cuando la cantidad de químico retenida por m3 de madera que sea especificada (118 y 200kg de químico por m3 de madera tratada)
- ✓ Presenta bajos grados de corroción de los metales en contacto con la madera, clavos, tornillos, alambres, etc.

Desventajas:

- ✓ Genera una barrera aceitosa impermeable, con lo cual impide la absorción y desorción del agua desde y hacia el medioambiente, causando permanentes cambios dimensionales de las piezas, aumenta el agrietamiento, y algunas veces ocasiona el desprendimiento de las fijaciones.
- ✓ Los componentes de la creosota que no se disuelven en agua permanecerán en el mismo lugar en forma de una masa similar a alquitrán. Debido a su degradación lenta, estos compuestos pueden permanecer en el agua durante muchos años.
- ✓ Puede ser perjudicial para la salud pública, cuando se está en contacto con ella, ya sea directamente por inhalación de vapores, por contacto directo con la piel o bien sea ingiriendo alimentos o agua contaminados por la misma.
- ✓ La exposición prolongada a bajos niveles de creosota, especialmente el contacto directo con la piel durante el tratamiento de madera o la manufacturade productos tratados con creosota de alquitrán de hulla, ha producido cáncer de la piel y del escroto.

36.2.2.2. Naftenatos de cobre: Es una sustancia proveniente de la combinación de ácidos nafténicos obtenidos como subproducto de la refinación del petróleo y sales de elementos metálicos como cobre, zinc, hierro y mercurio. El naftenato es oleosoluble, de apariencia serosa, color verde oscuro y está caracterizado por tener acción eficaz contra hongos e insectos. Posee buena estabilidad química baja volatilidad y es prácticamente insoluble en agua. Al contrario del pentraclorofenol, no irrita ni las mucosas ni la piel no es tóxico para las plantas por lo que puede ser usado en la preservación de maderas que serán utilizadas en la confección de embases para semillas y jardinerías. (López R., 2001)

Los naftenatos son compuestos cerosos o gomosos, no cristalinos y solubles en aceite. Son aplicables con brocha, por aspersión o por inmersión. El naftenato de cobre es el más

generalizado en la preservación de la madera. Es de color verde oscuro y de olor ligeramente desagradable pero no es irritante para la piel. Es de gran toxicidad para los hongos, posee buena estabilidad química y por su naturaleza gomosa se vende en forma de concentrados de cobre metálico que se encuentra de 6 a 8%. (RITL, 2010)

Para las aplicaciones en la madera se preparan soluciones al 5%, donde el cobre metálico se encuentra al 0.5%. La madera tratada con esta sustancia no es fácil de pintar pues el color verde oscuro exuda a través de la pintura. En algunos casos se emplea igualmente el naftenato de zinc que es casi incoloro, pero menos tóxico ; tambien se han experimentado los naftenatos de mercurio y hierro, pero estos no han resultado eficaces para el tratamiento de la madera. (RITL, 2010)

36.2.2.3. Pentaclorofenol: Es un compuesto químico cristalino formado por reacción del cloro sobre el fenol, forma de polvo verde-grisáceo. De todos los fenoles clorados, el penta, como se conoce al pentaclorofenol es el más tóxico y hasta ahora, el más empleado dentro de los preservantes orgánicos oleosolubles, siendo soluble en aceites. Se puede utilizar aceites ligeros claros, con los que se obtienen buenas apariencia de la madera tratada que, además puede pintarse. Su aplicación puede ser por inmersión aspersión o a base de métodos a presión. (Fernandez, F.; P. Echenique, 1986:103) (RITL, 2010)

El pentaclorofenol ha resultado muy eficaz contra los hongos e insectos xilófagos, pero ineficaz contra los perforadores marinos. Para su empleo como preservador de la madera se disuelve en aceite y se aplica en forma de solución que puede ser de dos tipos : lista para usar y concentrada. (RITL, 2010)

Las soluciones de aplicación inmediata contienen el producto químico activo al 5% de concentración en peso, mientras que los concentrados deben diluirse de acuerdo a las instrucciones del fabricante. El pentaclorofenol, como sustancia química, es un producto seco, escamoso o granulado, de color pardusco e insoluble en agua. Como grado técnico no debe contener menos de 95% de fenoles clorados determinados por titulación del grupo hidroxilo (OH) y calculado como pentaclorofenol. (RITL, 2010)

Su punto de solidificación es de 174ºC como mínimo y la máxima cantidad de insolubles en álcali es de 1%. El pentaclorofenol puro no se descompone por calentamiento prolongado aun cuando las temperaturas sean cercanas a la de ebullición (239ºC); tampoco pierde con facilidad su cloro por procesos de descomposición molecular, es relativamente inerte y no sufre las reacciones de reunión o sustitución a las que si están expuestos los otros

fenoles clorados como el di, tri o tetraclorofenol. Es ligeramente ácido y reacciona con los álcalis fuertes de sodio y potasio para formar sales solubles en agua que se usan para combatir la mancha azul de la madera. (RITL, 2010)

Puede ser descompuesto por los agentes oxidantes fuertes, como el ácido nítrico con el que forma el tetracloro-quinona o cloramil. Para efectuar las mezclas con el petróleo o sus derivados, la AWPA (American Wood Protection Association) establece en sus normas técnicas los pasos a seguir mediante tablas especiales y factores de corrección para los aceites y temperaturas utilizadas, expresando sus valores en libras por galón, facilitando así la preparación de soluciones a distintas concentraciones. (RITL, 2010)

El pentaclorofenol es irritante para la piel y las mucosas, por lo que las personas que intervienen en la fabricación o aplicación deben adoptar precauciones para evitar el contacto directo. Cada vez que la piel entre en contacto con elv penta o sus soluciones, es necesario lavar con abundante agua y jabón. Si se aspiran los vapores de las soluciones de tratamiento, se debe provocar el vómito mediante el uso de eméticos. (RITL, 2010)

Entre las principales características del penta como producto preservante, destaca su baja volatilidad y su gran estabilidad química; sin embargo en algunos países está clasificado como aceite cancerígeno por lo que está desapareciendo como producto preservante de madera. (RITL, 2010)

36.2.2.4. Quinolinolato 8 de Cobre**:** Es un producto ligeramente amarillento, no cristalino, que se disuelve bien en solventes ligeros, volatiliza a los 300ºC. Es un preservante con ato poder fungicida e insecticida, debido a su excepcional fijación dentro de la madera. La acción de estos preservantes está estrechamente relacionada con la celulosa, lo que permite un control muy eficiente de la pudrición parda y blanda. Tiene mayor poder tóxico que el pentaclorofenol siendo aceptado que a concentración de 0.5% equivale a un 5% de concentración de pentaclorofenol. Por su alta fijación en la madera, son especialmente aptos para maderas utilizadas en construcciones navales. En maderas en contacto con el suelo tratadas con este producto, pueden ocurrir pérdidas del mismo en suelos de pH ácido. (López R., 2001) (RITL, 2010)

Este producto se formula conjuntamente con repelentes de agua para dar a la madera, además de la protección contra los hongos de pudrición, la máxima estabilidad dimensional; por lo tanto, reduce los cambios de dimensión por efectos de la humedad. No es irritable para la piel y por su buena fijación en la madera, se le recomienda para los casos en que ésta debe

estar en contacto íntimo con productos alimenticios, como son los estantes de cocina, alacenas, embalajes de frutas, etc.. (RITL, 2010)

36.2.2.5. Óxido de tri-n-butil estañoso u Óxido tributil estañoso: Es un compuesto de alto poder fungicida e insecticida que se fija muy bien en la madera tratada. Es inodoro, incoloro e insoluble en agua, pero muy soluble en la mayoría de los solventes orgánicos. (RITL, 2010)

Este preservante tiene una afinidad natural por los materiales celulósicos, por lo que controla muy bien los hongos que producen la pudrición parda de la madera. Para control de la pudrición blanca es preciso reforzarlo con pentaclorofenol ya que no se fija en la lignina. (RITL, 2010)

El producto puro puede producir quemaduras o irritaciones en la piel, pero no es acumulable en el organismo siendo eliminado con facilidad por vía urinaria.

Se puede aplicar con brocha, por aspersión o por inmersión. Sin embargo, por tratarse de un producto relativamente nuevo, su uso está todavía restringido, aunque se le considera de gran futuro para el control de los perforadores marinos ya que no es fácilmente lixiviable. (RITL, 2010)

Tabla 105: Preservantes tipo aceite para madera

Tipo de preservante	Composición	Ventajas	Desventajas
Creosota de alquitrán de hulla	Aceite negro o parduzco hecho mediante destilación de alquitrán de hulla	Alta toxicidad para los organismos destructores de la madera Insolubilidad en agua Baja volatilidad Permanencia y profundidad de penetración determinables	Color café oscuro No se puede pintar Fuerte olor desagradable Arde fácilmente cuando se aplica por primera vez
Creosota de alquitrán de hulla sin cristales	Creosota de alquitrán de hulla de la cual se han eliminado algunas materias formadoras de cristales		
Aceites antracénicos	Destilados de alquitrán de hulla de densidad especifica y niveles de ebullición mayores que la creosota de alquitrán de hulla		
Creosota derivadas de madera, aceites y gas de agua	Creosota destiladas de madera, aceite y gas de agua.		
Soluciones de creosota	Mezcla de alquitrán de hulla o aceites de petróleo y de 50 a 80% por volumen, de creosota de alquitrán de hulla		
Pentaclorofenol	Mezcla de aceites de petróleo y 5% de pentaclorofenol, asi como 2% de éste en creosota	Alta protección contra hongos y termitas que carcomen la madera Se puede pintar No tiene olor desagradable Arde con menor facilidad que la creosotas de alquitran de hulla (el riesgo de combustión se compara al de la madera no tratada en que se han usado disolventes volátiles y que se han dejado evaporar	Puede alterar el color si se usan aceites de petróleo oscuaro Proporciona menor protección contra los barrenadores marinos
Naftalenato de cobre	Mezcla de aceites de petróleo y 0.3-0.5% de cobre metálico equivalente (5-30% de naftaleno de cobre)		Da a la madera un color verdoso u oscuro y proporciona menor protección que la creosota contra barrenadores marinos
Conservadores repeletes al agua	Extractos minerales y un máximo de 10-25% de materia no volátil incluyendo conservadores; éstos no deben ser menos de 5% de pentaclorofenol naftaleno de cobre varía de 1 a 2 %	Retarda los cambios de humedad en la madera Buena protección contra deterioro e insectos	No se puede usar en contacto con el suelo o áreas de donde puede haber humedad continua, a menos de que los conservadores se apliquen en exceso (escaso valor de repelencia al agua)

Fuente: Hornbostel, 1999: 553

En general, se refieren a las normas de la American Wood Association de información adicional y la Especificación Federal TT-W-571i, recomienda la retención mínima neta para tipos diferentes de tratamientos de conservación de madera (Tabla.33.6 y 33.7). (Gurfinker, G.; 1981:114)

Tabla 106: Parte 1,Retención mínima neta para tratamientos preservantes

Material y uso	**Creosota**	**Creosota de alquitrán de hulla**	**Creosota de petróleo**	**Pentaclorofenol**	**Cromato ácido de cobre ACC**	**Arseniato de cobre amoniacal ACA**	**Arseniato de cobre cromado CCA**	**Cloruro de zinc cromado (CZC)**	**Flúor como fenol arseniato (FCAP)**	**Estandaress AWPA**
	Retención por prueba de Madera tratada – lbs/cu. Ft									
Tablas y vigas										
Por encima del suelo	9	9	9	0.40	0.25	0.25	0.25	0.45	0.25	C2
Contacto con el suelo										
No estructurales	9	9	9	0.50	0.50	0.40	0.40	NR	NR	C2
Estructurales	9	9	9	0.60	NR	0.60	0.60	NR	NR	C14
En agua salada	25	25	NR	NR	NR	2.5	2.5	NR	NR	C14
Pilas										
Tierra o agua fresca utilizada y cimientos	12	12	12	0.6	NR	0.80	0.80	NR	NR	C3
Agua salada										
Peligro Moderado de perforación –*pholads*	20	20	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	C18
Grave peligro de perforación – *limnoria tripunctacta*	NT	NT	NT	NT	NT	2.5 and 1.5	2.5 and 1.5	NR	NR	C18
Para ambos, *pholads* y *tripucatata limnoria* se utiliza un tratamiento doble										
* Primer tratamiento	–	–	–	–	–	1.0	1.0	–	–	C18
* Segundo tratamiento	20	20	–	–	–	–	–	–	–	C18

*Los Estándares AWPA CI aplica a cada uno de los procesos de tratamiento y todo tipo de material.
**NR – No Recomendados
Fuente: Gurfinker, G.; 1981:115-116

Tabla 107: Parte 2, Retención mínima neta para tratamientos preservantes

Material y uso	Creosota	Creosota de alquitrán de hulla	Creosota de petróleo	Pentaclorofenol	Cromato ácido de cobre ACC	Arseniato de cobre amoniacal ACA	Arseniato de cobre cromado CCA	Cloruro de zinc cromado (CZC)	Flúor como fenol arseniato (FCAP)	Estándares AWPA
	Retención por prueba de Madera tratada – lbs/cu. Ft									
Palos										
Utilidad										
Normal	7.5	7.5	7.5	0.38	NR	0.60	0.60	NR	NR	C4
Severas condiciones de servició (alta incidencia de descomposición y ataque de termitas)	9.0	9.0	9.0	0.45	NR	0.60	0.60	NR	NR	C4
Palos construidos – estructural	9.0	NR	NR	0.45	NR	0.60	0.60	NR	NR	C23
Postes										
Cercas,señales y guías										
Circular, mitad circular y cuarto circular	8	8	8	0.40	0.50	0.40	0.40	NR	NR	C14
Acerrada cuatro lados	10	10	10	0.50	0.62	0.50	0.50	NR	NR	C14
Barandas y señales (incluyendo espacios de separación)										
Redondo	10	10	10	0.50	NR	0.50	0.50	NR	NR	C14
Aserrado cuatro lados	12	12	12	0.60	NR	0.60	0.60	NR	NR	C14

*Los Estándares AWPA CI aplica a cada uno de los procesos de tratamiento y todo tipo de material.
**NR – No Recomendados
Fuente: Gurfinker, G.; 1981:115-116

37. IMPREGNACIÓN DE MADERA CON CCA (Cobre Cromo Arsénico)

Uno de los procesos de impregnación más utilizados es denominado "vacío-presión", el cual se realiza en autoclaves. Este método es una modificación del proceso originalmente patentado por Bethell, conocido por "tratamiento a célula llena", en el cual los lúmenes celulares se llenan totalmente con la solución preservante.

El preservante comúnmente utilizado en nuestro medio es el CCA (siglas correspondientes a los elementos químicos de los óxidos que la componen: Cromo, Cobre y Arsénico), que ha desplazado a otros productos como el pentaclorofenol y la creosota. Cada componente del CCA tiene una función específica, el cobre tiene una acción fungicida y bactericida, el arsénico actúa como insecticida, mientras que el cromo actúa como fijador del preservante. Para la formulación del CCA se utilizan óxido de cobre (CuO), óxido de cromo hexavalente (CrO_3) y óxido de arsénico (As_2O_5). (Producción + Limpia, 2008)

El proceso completo de impregnación se puede dividir en las siguientes etapas:

1 - Preparación de la madera redonda o escuadrada (dimensionamiento, secado, maquinado inicial, colocación de conectores etc.). Puede hacerse en el monte, en la planta de tratamiento o comprarse preparada.

2 - Preparación de la solución de impregnación.

3 - Impregnación (etapas de vacío y presión).

4 - Fijación del producto en la madera o "curado".

5 - Maquinación post-tratamiento (eventual).

Una vez planteado a grandes rasgos lo que es el proceso de impregnación se presenta un listado del equipo e infraestructura comúnmente utilizados, así como una descripción de la preparación de la solución y del proceso de impregnación. (Producción + Limpia, 2008)

37.1 Equipo e infraestructura

Una planta de impregnación de madera que utiliza en proceso de “vacio-presión” requiere los siguientes componentes básicos (Producción + Limpia, 2008):

- Una autoclave diseñado para soportar un vacio de -700mmHg y una presión de 12Kg/cm²
- Un sistema de rieles y vagonetas para la carga y descarga de la madera
- Una bomba de vacío y una bomba de presión
- Un tablero de comandos
- Un tanque para la preparación de la solución de impregnación
- Un tanque para el depósito de la solución de impregnación
- Un patio de goteo
- Un patio de fijación o curado
- Piletas de contención de derrames

37.2 Preparación de la solución

El CCA es normalmente adquirido por las plantas de preservantes en forma de solución concentrada al 60%, envasado en tambores que pueden ser plásticos o metálicos.

La concentración de la solución de trabajo depende fundamentalmente del tipo de madera a tratar y en general oscila entre 1 y 2 %. La solución de trabajo se prepara trasvasando el concentrado a un tanque y diluyéndolo con agua hasta alcanzar la concentración deseada. La concentración se mide utilizando densímetros. (Producción + Limpia, 2008)

En la mayoría de las plantas de impregnación se utiliza un tanque de trabajo del cual se bombea la solución para el llenado del autoclave y retorna al tanque una vez completado el proceso. Este tanque esta graduado y puede determinarse en cualquier momento la cantidad de preservante que contiene. (Producción + Limpia, 2008)

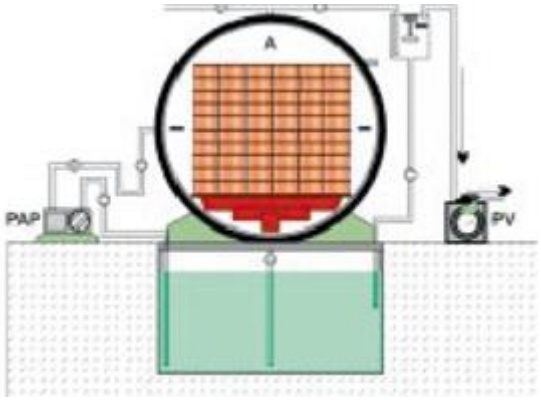
37.3. Proceso de impregnación

A continuación se describen las distintas etapas involucradas en el proceso de impregnación de la madera incluyendo las etapas de fijación y maquinación post-tratamiento. (Producción + Limpia, 2008)

37.3.1. Carga de la autoclave. Consiste en la introducción de la carga de madera en el autoclave y cerrando herméticamente la puerta. Para la introducción de la carga se utilizan vagonetas montadas sobre rieles, estas especialmente diseñadas de acuerdo al tipo de madera. En forma previa se realiza la estimación del volumen de madera correspondiente a cada carga.

37.3.2. Vacío inicial. Consiste en la aplicación de una depresión o vacío de al menos 600 mm Hg utilizando la bomba de vacío, por períodos de tiempo que suelen estar en el rango de los 20 a 30 minutos. La depresión que se logra en el interior de la madera es lo que permite la posterior penetración de la solución preservante.

Figura 454 Disposición del sistema al momento del vacío

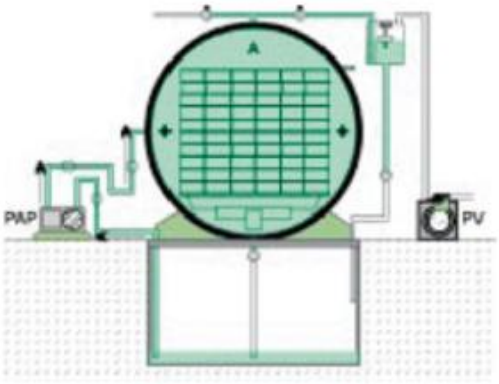


Fuente: Producción + Limpia, 2008

37.3.3. Llenado y presión. Por medio de la propia depresión generada en la etapa anterior, la solución de impregnación es canalizada desde el tanque de depósito al interior de la autoclave. La autoclave debe disponer de controles de nivel a efectos de detectar el llenado.

Posteriormente se procede a la aplicación de presión y a la inyección de solución, mediante el bombeo con la correspondiente bomba. Generalmente la bomba de presión funciona en el rango de los 10 a 12 kg/cm², por períodos de 30 a 180 minutos. La presión aplicada permite lograr una mayor eficacia en la difusión de la solución al interior de la madera.

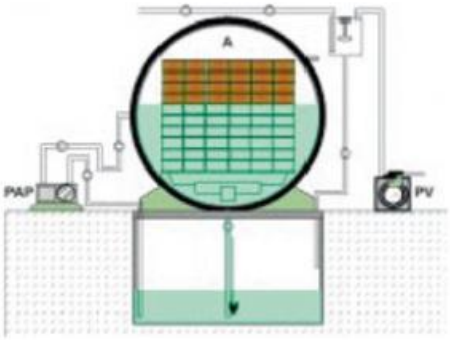
Figura 455 Disposición del sistema en llenado y aplicación de presión



Fuente: Producción + Limpia, 2008

37.3.4. Descarga de la solución. Cuando se considera finalizada la adsorción se procede a la descarga de la solución de impregnación hacia el tanque de depósito, haciendo uso de una válvula de descarga ubicada en el fondo de la autoclave. Por diferencia de niveles en el tanque de depósito se calcula el volumen de solución adsorbida por la carga de madera. La solución remanente es posteriormente utilizada en un nuevo ciclo. Esta práctica de funcionamiento en ciclo cerrado previene la contaminación ambiental y resulta económicamente rentable.

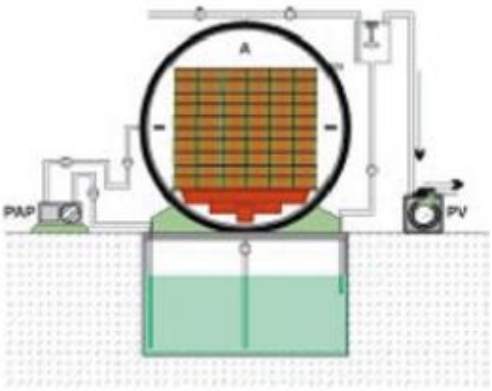
Figura 456 Disposición del sistema al momento del drenado de la solución



Fuente: Producción + Limpia, 2008

37.3.5. Vacío final. Una vez descargada la solución se procede a la aplicación de vacío de 600 mm Hg durante 20-40 minutos, lo que permite eliminar los restos de solución remanentes sobre la superficie de la madera. Posteriormente se equilibran las presiones, se evacua el resto de solución y se procede a la apertura de la puerta. La porción de solución que es eliminada en esta etapa es conocida como "rechazo" y su volumen se descuenta del inicialmente adsorbido para la estimación de la cantidad de preservante retenido.

Figura 457 Disposición del sistema al momento del vacío final



Fuente: Producción + Limpia, 2008

37.3.6. Descarga del autoclave. Una vez finalizado el proceso la vagoneta es retirada de la autoclave utilizando medios mecánicos.

Si bien la etapa de vacío final reduce significativamente la presencia de solución remanente sobre la superficie de la madera, siempre existe un goteo proveniente de la propia madera y de la solución retenida en la estructura de las vagonetas. Por esta razón los rieles por donde circulan las vagonetas deben ser colocados sobre superficies diseñadas de forma de captar dichos goteos (patios de goteo).

37.3.7. Curado. Una vez finalizado el goteo, la madera debe ser apilada por un lapso de tiempo tal que asegure la fijación de los productos químicos que aún no han reaccionado, proceso que se denomina curado de la madera.

37.3.8. Maquinado de la madera. Algunas empresas que se dedican a la impregnación incluyen dentro de su proceso productivo una serie de etapas de maquinado de la madera, que incluye entre otros la remoción de nudos, recortes, moldurado y cepillado. Generalmente estos procesos se realizan en forma previa a la impregnación, pero existen casos en que las tablas tratadas son posteriormente cepilladas, ya que esta operación mejora su aspecto.

38. IMPREGNACIÓN DE MADERA CON BORATOS

Los boratos, compuestos químicos que contienen Boro (B) y Oxígeno (O). Se producen cerca de 14 tipos diferentes de preservantes a base de Boro. Entre ellos están Octoborato de Sodio Tetrahidratado, Tribromofetanato de Sodio, Sodiumtetraboratod decahidratado, 2,4,6-Tribromofenato de Sodio, el Ácido Bórico y el Borax. Los dos más utilizados mundialmente como sales hidrosolubles no fijas para preservar la madera son el Ácido Borico (H_3BO_3) y Borax ($B_4Na_2O_7$). (AITIN, 2010)

Los boratos se han registrado como sustancias preservadoras de madera en la Agencia de Protección de Medioambiente para su utilización como preservantes en madera verde. Protegen la madera contra todas las termitas de madera seca y contra las termitas subterráneas que dependen de protozoos para digerir celulosa. Cuando el contenido de humedad de una madera es mayor que el punto de saturación, pierden efectividad contra hongo y mohos decolodadores de la madera. (AITIN, 2010)

Los preservantes basados en boratos pueden ser utilizados para tratar la madera sólida, compuestos de madera y otros materiales de construcción como clavos, madera y las vigas. Los boratos evitan hongos y son mortales para las termitas, hormigas carpinteras y las cucarachas; son relativamente seguros para personas, animales domésticos y el medio ambiente. Los boratos son generalmente no tóxicos y se consideran como lo más seguros de las alternativas de tratamiento de madera disponibles; sin embargo, cuenta con algunas restricciones. Son solubles en agua, por lo que su utilidad en exteriores es limitada; no son adecuados para preservar madera que estará en contacto con el suelo o expuestas a condiciones climáticas diversas, para evitar la lixiviación. (Lafuente, G.; 2008)

Debido al contenido de boro que poseen estos preservantes, los boratos gozan de determinadas propiedades física como la alta resistencia a alta temperatura, baja densidad, extrema dureza, alto punto de fusión y notable fuerza tensora. Dichas propiedades físicas proporcionan al preservante características extra de desempeño, es decir, actuar no únicamente como preservante sino también como reductor de inflamabilidad, aislante y retardador del fuego. (INKABOR, 2011)

Según industrias dedicadas a la fabricación y comercialización de productos boratos, en la actualidad las ventas de Acido Bórico corresponde a un 70% de las ventas totales y dentro del mercado de Acido Bórico es el tercer productor a nivel mundial. (Lafuente, G.; 2008)

Las aplicaciones más desarrolladas de los sistemas a base de boro son para tratamientos de remedio en madera. Utilizando preservantes con boratos fundidos, soluciones de glicol conteniendo boratos y vendajes para postes. En fabricación de tableros se han incorporado boratos de zinc para la protección contra la biodegradación. Los boratos tienen características favorables al medioambiente, teniendo como desventaja la facilidad al lavado (lixiviación). Actualmente se ha reducido este problema al adicionarle al preservante repelentes al agua y sistemas con polímeros.

38.1. Boratos para preservar madera

Los boratos recomendados en esta guía para preservar la madera verde son dos:

- ✓ Acido bórico (fórmula química H_3B0_3).
- ✓ Bórax decahidratado (fórmula química $Na_2B_40_7.10\ H_2O$).

38.1.1. Ácido Bórico.

El ácido bórico fue preparado por vez primera en 1702, por el químico holandés W. Homberg (1652-1715) al calentar una disolución de bórax con ácido sulfúrico, según el proceso: (Universidad de Valladolid, 2011)

$$B_4O_5(OH)_4^{-2} + 2H^+ + 3H_2O \rightarrow 4H_3BO_3$$

Homberg lo denominó "sal sedativum", aunque posteriormente sería llamado ácido borácico y luego ácido bórico. En Farmacia se conocía como "sal de Homberg" y se usaba como sedante y como antiséptico para el tratamiento de afecciones leves de garganta, nariz y ojos. También se ha venido empleando como conservante de alimentos, pero, al presentar algunos problemas para la salud, se ha prohibido su uso. Actualmente se usa como preservante en madera. (Universidad de Valladolid, 2011)

Otro nombre común para el ácido bórico es ácido ortoborico o ácido trioxobórico (III). Compuesto químico ligeramente ácido (ácido débil), soluble en agua. Su fórmula química es H_3BO_3. La forma mineral de este compuesto se denomina sassolita. Se encuentra en forma cristalina, polvo o granulado. (EcuRed, 2011)

El ácido bórico se encuentre en las solfataras volcánicas es su elevada presión de vapor a 100ºC. Cuando se calienta en presencia de alcohol (metanol o etanol) se forman boratos alquílicos (metílicos o etílicos) cuyos vapores arden con llama de color verde, lo cual sirve para reconocer la presencia de boratos y ácido bórico en una muestra. (Universidad de Valladolid, 2011)

Su naturaleza toxica proviene del óxido bórico que se obtiene cuando se calienta ácido bórico a alta temperatura (Universidad de Valladolid, 2011),

$$2H_3BO_3 \leftrightarrow B_2O_3 + 3H_2O$$

Es utilizado como antiséptico, insecticida, retardante de la llama y precursor de otros compuestos químicos. También funciona como agente tampón para regulación del pH. Es además ingrediente en muchos abonos foliares y en conservación de alimentos. (EcuRed, 2011)

38.1.2. Bórax. El bórax se empleó en la Antigüedad como fundente en metalurgia. En la edad media se utilizaba en esmaltes de cerámica, los primeros depósitos fueron encontrados en el Tibet y fueron llevados a Europa por loa árabes. El origen del nombre se le atribuye a la palabra persa al bürah. Actualmente se emplea en diversos procesos industriales relacionados con la fabricación de jabón, colas, pinturas, tejidos, medicinas y como preservante de madera. (Universidad de Valladolid, 2011)

El bórax también llamado tetraborato de sodio es un compuesto importante del boro. Su formula química es $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$. Es un cristal blanco y suave, soluble en agua. Si se deja reposar al aire libre, pierde lentamente su hidratación y se convierte en tincalconita ($Na_2B_4O_7 \cdot 5\ H_2O$). El bórax comercial generalmente se deshidrata ($Na_2B_4O_7 \cdot$), para su venta. (EcuRed, 2011)

El bórax se obtiene a partir de las aguas circundadas a cuencas cerradas y con alto contenido de sales. Debido a las rígidas características ambientales la fuente de evaporación de agua provoca la precipitación de distintos tipos de elementos, como el boro. Extrayendo el mineral mediante la apertura de piletas de decantación, retirando periódicamente. (EcuRed, 2011)

Otra forma de depósitos lo constituyen éstos mismos ambientes, pero ya sin agua y con minerales fósiles donde la sal se presenta como sal de roca y el bórax como tincal intercalado en sedimentos plegados y fracturados. Los depósitos más importantes se encuentran cerca de Boron, California y de otros lugares del sudoeste americano, en las lagunas salinas en Bolivia, el Desierto de Atacama en Chile, y el Tíbet. También se obtiene el bórax es a partir de síntesis de compuestos del boro. (EcuRed, 2011)

El bórax se utiliza ampliamente en detergentes, suavizantes, jabones, desinfectantes y pesticidas. Se utiliza en la fabricación de esmaltes, vidrio y cerámica. También se convierte fácilmente en ácido bórico o en borato. (EQC, 2006)

El Bórax es el nombre comercial de la sal de Boro, estas se encuentran de forma pentahidratada ($Na_2B_4O_7 \cdot 5\ H_2O$) o decahidratada ($Na_2B_4O_7 \cdot 10\ H_2O$). Este producto es usado en manufacturas de vidrios, componentes de pinturas, soldaduras, preservante de maderas, desoxidante y como ingrediente en abonos foliares. (EQC, 2006)

38.2. La preservación de madera con boratos por el método de difusión

Preservar madera verde con boratos por el método de difusión es aplicar a la madera verde una solución (mezcla de agua y boratos) de compuestos químicos llamados boratos. Los boratos penetran en la madera por medio del fenómeno de la difusión. Cuando los boratos han penetrado en la madera, esta se vuelve venenosa, haciéndose repelente contra los organismos que la atacan. (Velásquez, 1993)

El tratamiento de la madera verde se hace en tres pasos:

a) Se empapa la madera verde con una solución de agua y boratos.
b) Luego se empaca la madera tratada para que no pierda humedad ni se seque. El tiempo de empaque depende del grosor de la madera.
c) Al final de este tiempo de empaque, se desempaca la madera tratada y se pone a secar al aire o en secador.

Cuando la madera se halla secado estará lista para usarse.

Para que el tratamiento con boratos sea efectivo ambos boratos deben ser de grado técnico y de pureza no menor del 95°.

También existe el Disodio-Octaborato Tetrahidratado ($Na_2B_80_{13}$* $4H_20$ 98° de pureza), pero este borato aun no está registrado para su venta libre en Centroamérica.

Para preservar madera verde, los boratos deben disolverse con agua para formar una solución líquida, blancuzca y viscosa -una solución concentrada de boratos- que permita que los boratos penetren dentro de la madera verde por medio del fenómeno de la difusión. (Velásquez, 1993)

La difusión ocurre cuando parte de la solución de boratos queda en la superficie de la madera verde tratada. Los boratos disueltos, penetran en la madera verde a través de la humedad natural de la madera, hasta que los boratos se distribuyan balanceadamente dentro de toda la pieza. (Velásquez, 1993)

La difusión de boratos dentro de la madera verde necesita dos condiciones:

a) Que la humedad natural de la madera sea alta -que esté verde, es decir con un contenido de humedad igual o mayor que el 50%-
b) Que está humedad natural se mantenga por un tiempo, mientras ocurre la difusión.

Para lograr esto, la madera tratada se empaca con polietileno para protegerla del aire y de la lluvia así como también para evitar que se seque o se moje mientras sucede la difusión.

Después del tiempo de difusión, la madera tratada debe desempacarse y ponerse a secar para que los boratos permanezcan dentro de la madera. Si la madera preservada con boratos se moja o se humedece constantemente, los boratos vuelven a disolverse en el agua y salen de la madera (lixiviación) dejándola sin protección. (Velásquez, 1993)

38.2.1. Ventajas del método de difusión (Velásquez, 1993)

- Se adapta: Este método puede aplicarse en forma artesanal o industrial.
- Es seguro: Los boratos son poco tóxicos para los mamíferos pero muy venenosos para los hongos e insectos destructores de la madera.
- Es barato: este tratamiento usa muy poco equipo y su costo por volumen de madera es relativamente bajo (aproximadamente US$ 0.04 por pie-tablar).
- Es confiable: Los boratos no oxidan las piezas metálicas empleadas para trabajar la madera.
- Es compatible: Los boratos no cambian las propiedades de la madera preservada. La madera preservada no cambia su resistencia, maquinado, corte, ni acabado.
- Es limpio: Los boratos son inodoros, no se vaporizan y no cambian el color natural de la madera, por lo cual no deprecia la pieza.
- Otros beneficios: los boratos son retardantes de las llamas y la madera tratada con él aumenta su resistencia al fuego.

38.2.2. Límites del método de difusión (Velásquez, 1993)

- Estrictas condiciones de aplicación: el tratamiento solo funciona si se aplica a madera verde -con contenido de humedad igual o mayor al 50%. Esto es importantísimo pues la humedad natural de la madera es el medio de penetración de los boratos.
- Estrictas condiciones de uso: los boratos penetran pero no se fijan en la madera tratada aunque esta se haya secado. Si la madera tratada se moja o humedece constantemente, los boratos se pierden por lixiviación. Por esto, la madera preservada con boratos sólo debe usarse en partes donde se mantenga siempre seca y nunca en contacto con el suelo.
- Uso de residuos: los desperdicios y sobrantes de madera preservada con boratos son difíciles de quemar y no sirven para usarse como combustible.
- Hongos manchadores: durante el tiempo de empaque para la difusión, los boratos no controlan toda la gama de hongos y mohos manchadores-decolorantes de la madera verde. Por ello, se necesita aplicar un fungicida que los combata mientras la madera verde está empacada.

38.3. Uso de madera preservada con boratos (Velásquez, 1993) La madera preservada con boratos puede usarse en cualquier sitio siempre y cuando se mantenga seca. Además pude aplicarse a madera aserrada o rolliza para vigas y tendales para techos, paredes interiores, molduras, muebles fijos o móviles, artesanías y embalajes que no se mojen o se humedezcan permanentemente.

38.3.1. Restricciones para usar madera preservada con boratos (Velásquez, 1993) La madera preservada con boratos no debe usarse en ninguna parte donde pueda humedecerse o mojarse permanentemente. Los boratos penetran en la madera pero no puede perderse por lixiviación.

Tampoco debe usarse madera preservada con boratos en los siguientes productos:

- Madera de 6 o más pulgadas de grueso que vaya a ser re-aserrada nuevamente.
- En juguetes para niños.
- En utensilios de cocina usados para preparar alimentos como: paletas, batidores y tablas de picar.

- En columnas o soleras que vayan directamente enterradas en el suelo.
- En viguetas o vías sin protección impermeable que sostengan techos que se humedezcan por largo tiempo.
- En paredes o elementos de paredes de madera que estén expuestos a la intemperie, en contacto con el suelo o la humedad.

38.4. Permanencia de los boratos en la madera preservada

La madera preservada con boratos puede mojarse ocasionalmente. Para que los boratos se lixivien, la madera debe empaparse completamente y de forma constante. Si la madera se moja no habrá lixiviación de boratos, es necesario que se dé un proceso prolongado de humectación para que se empiecen a perder los boratos.

La pintura puede prevenir a lixiviación de los boratos en la madera tratada usada en exteriores sobre el nivel del suelo. (Velásquez, 1993)

Más de 40 años de investigación en Nueva Zelanda y Australia han demostrado que es seguro recomendar el tratamiento en productos de madera para construcción; siempre y cuando que los mismos se empleen donde estén debida y permanentemente protegidos por un techo y/o pintura y nunca en contacto directo con el suelo.

Por otro lado pruebas en Nueva Zelanda, realizadas por el departamento de investigación científica e industrial, mostraron que en piezas pintadas expuestas a la intemperie durante diez años no hubo pérdidas de boratos. (Carr, D.R; 1962)

38.5. Aplicación del método de boratos

Es importante denotar que solo use boratos en forma de polvo o sal. Nunca use boratos que no tengan etiqueta ni aquellos que ya se hayan convertido en sólido.

El grado de pureza de los boratos es importante por dos razones:

- Primero, para que el tratamiento sea efectivo siempre deben combinarse 1.54 partes de bórax por cada parte de ácido bórico. Esta proporción, garantiza una solución de pH neutro y estable en concentraciones altas.
- Segundo, al secarse la madera tratada, la combinación de boratos dentro de ella forma anhídrido bórico que es el agente activo contra los organismos destructores (Erdoiza, 1980; Jayanetti, 1978; FAO,1986)

38.5.1. Generalidades del método de boratos. Antes de empezar a preservar madera con boratos, es bueno asegurarse de la necesidad de usar madera preservada, conocer la demanda local de madera preservada, los tipos de productos que pueden hacerse y si los boratos son realmente el tipo de tratamiento preservante más conveniente para las necesidades locales.

También es importante saber el precio de la madera antes y después de preservada, quién la compra, cómo la usará, el precio de venta y si es posible obtener el equipo, la mano de obra y los materiales necesarios para hacer el trabajo. (Velásquez, 1993)

Por otro lado es necesario escoger como hacer el tratamiento, esto según las necesidades y entre los métodos de inmersión o de brocha.

Se debe buscar un sitio plano, limpio, con sombra y protegido de la lluvia. El sitio debe estar cerca del lugar de empaque, secado o almacenaje de la madera. Para evitar accidentes no se debe trabajar en sitios que sirven de paso a gente, animales o vehículos.

Usar ácido bórico y bórax decahidratado del grado técnico –de 95% o más de pureza-. Si la madera que se va a preservar tiene más de dos pulgadas de grosor, usar fungicida.

Usar polietileno transparente o de color. El polietileno debe ser de 1/10 de pulgada o más de grosor y de 1.50 metros de ancho doble; en cantidad suficiente para empacar la madera que se va a tratar.

Para la preparación previa al tratamiento de la madera se debe considerar lo siguiente:

- Si la madera es aserrada se deben agrupar las piezas por grosor, quitarle el aserrín y suciedad con cepillo, y cuidar que no se ensucie.
- Si la madera es rolliza se debe descortezar cada pieza por completo, se deben agrupar las piezas por grosor, cortar las puntas de ramas y sobrantes, y cuidar que no se ensucie. (Velásquez, 1993)

Ya sea que se aplique el tratamiento por inmersión o con brocha la solución de boratos se hace siempre igual.

Para la preparación de las soluciones primero agregar los boratos en un tonel o recipiente plástico y mezclarlos en seco. Cuando los boratos estén se hayan mezclado bien, agregarlos al

agua poco a poco. Se debe agitar el agua constantemente para que los boratos se disuelvan bien. (Velásquez, 1993)

La efectividad de los boratos contra hongos y mohos decolorantes o manchadores de la madera verde es variable y baja cuando la madera tiene un contenido de humedad mayor que el punto de saturación de la fibra. Debido a esto es necesario aplicar un fungicida a la madera tratada antes de empacarla para la difusión. (Byrne, T.; 1990. Erdoiza, J.; 1980. Amburguey; 1990)

Como norma de seguridad se debe tomar en cuenta el fungicida es altamente tóxico y aunque la solución de boratos no es tóxica, puede ser dañina si se bebe. La piel puede irritarse si entra en contacto directo con la solución, por ello es importante usar mascarilla, guantes, botas de hule y una gabacha impermeable siempre que se trabaje con boratos. (Velásquez, 1993)

Tabla 108 Semanas de empaque necesarias según el grosor de la madera tratada

Grosor de madera aserrada o rolliza	Semanas de empaque para difusión
1 a 2 pulg (2.5 a 5 cm)	2
Más de 2 a 4 pulg (más de 5 a 10cm)	6
Más de 4 a 6 pulg (más de 10 a 15cm)	8
Más de 7 a 8 pulg (más de 15 a 20cm)	10

* Después de este tiempo la madera debe desempacarse y ponerse a secar al aire o en secador.
Fuente: Catie/renarm/madera, 1993

38.5.2. Aplicación de boratos por inmersión.

A continuación se presentan los pasos a seguir para tratar madera aserrada o rolliza por inmersión usando la solución de boratos en caliente.

La aplicación por inmersión si hace bañando o sumergiendo la madera verde dentro de una pileta llena de la solución preservante. Se trabaja con la solución preparada con agua caliente. Esta aplicación se recomiendo cuando se vaya a preservar una gran cantidad de piezas. (Velásquez, 1993)

Los materiales y equipos necesarios

1. Una balanza en libras y onzas
2. Dos cubetas plásticas de cinco galones cada una

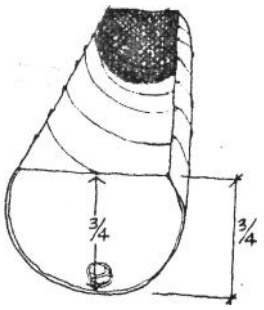
3. Un tonel plástico con tapadera
4. Una pileta donde calentar la solución y sumergir la madera
5. Combustible para calentar la solución.
6. Un termómetro de 0 a 100°C
7. Un densímetro entre 1.00 y 1.20 de gravedad especifica
8. Una probeta plástica para tomar las muestras de solución y medirlas con el densímetro

Además los operarios deben portar el siguiente equipo de seguridad:

1. Mascarilla contra el polvo
2. Guates de hule de manga larga
3. Gabacha impermeable
4. Botas de hule

En caso de no contar con una pileta se puede hacer soldando toneles metálicos. La pileta debe ser más grande que la madera que se va a tratar, además debe tener una tapadera para evitar que caiga agua o polvo en la solución. Antes de usarla, revisar que no tenga fugas. La pileta debe pintarse con pintura anticorrosiva o de aceite para que no se oxide. Cuando ya no vaya a trabajarse más con la pileta debe vaciarse por completo y lavarse con agua; de ser necesario pintar la pileta para su próximo uso. (Velásquez, 1993)

Figura 458 Pileta de tratamiento



Fuente: Velásquez, 1993

38.5.2.1. Preparación de la solución. Medir cuidadosamente la cantidad de agua que se agrega con las cubetas. Llenar la pileta con agua hasta cerca de la mitad. Además se recomienda usar cantidades enteras de agua (de diez en diez unidades) para facilitar el trabajo de hacer la solución. Posteriormente calentar el agua hasta que alcance 52°C y mantener esta temperatura durante todo el tiempo que dure el tratamiento. (Velásquez, 1993)

Tabla 109 Cantidades de boratos para la preparación de soluciones

Cantidades de boratos para preparar 10 galones de solución	
Acido bórico	12.5 lb
Bórax	19.25 lb
Cantidades de boratos para preparar 10 litros de solución	
Acido bórico	3.5 lb
Bórax	5.25 lb

Fuente: Velásquez, 1993

Usando la Tabla 35.2, se puede calcular la cantidad de boratos necesaria dependiendo de la cantidad de agua que hay en la pileta. Mientras el agua se calienta, pesar por separado el ácido bórico y el bórax en polvo. Verterlos dentro del tonel de plástico y mezclarlos en seco con una paleta grande o a mano antes de agregarlos al agua. Los boratos mezclados se agregan al agua caliente (hasta que alcance los 52°C), poco a poco hasta que se disuelvan completamente dentro de la pileta. Agitar constantemente, cuando los boratos se disuelvan bien la solución está lista para hacer el tratamiento.

Antes de tratar la madera se debe comprobar que la gravedad específica de la solución sea de 1.13, de lo contrario corregirlo.

Seguido a esto, con el equipo de protección puesto sumergir toda la madera que quepa dentro de la pileta, teniendo en cuenta que toda la madera debe quedar cubierta por la solución, es decir, tratar que la madera no flote. Posterior a esto deje escurrir la madera. Después de escurrida la madera proceda a empacarla, colocar juntas las piezas de madera tratada sin separadores. Ponerlas una sobre otra y empacarlas por completo con polietileno atado con cuerda plástica para que no circule aire ni entre agua dentro del empaque. Estos paquetes deben estar cubiertos del sol y de la lluvia, en una galera abierta y permanecer empacados durante el tiempo que indica la Tabla 35.1. (Velásquez, 1993)

Cuando el tiempo de empaque se cumpla, retirar el polietileno –este puede ser lavado y ser utilizado posteriormente- . La madera tratada se pone a secar ya sea en una cama de apilamiento o estiva de secado. La madera puede secarse al aire libre o en secador. (Velásquez, 1993)

Según el tipo de madera y de grosor es distinto el tiempo de inmersión, debido a esto se presenta a continuación una tabla que muestra dicho tiempos.

Tabla 110 Tratamiento por inmersión según la clase de madera

Grosor de madera	Tratamiento
Madera aserrada	
De 1 a 2 pulg (2.5 a 5cm)	Una inmersión (1 minuto) Escurrir (15 segundos) Aplicar fungicida Empacar para difusión (2 semanas)
Más de 2 a 8 pulg (más de 5 a 20cm)	Una inmersión (1 minuto) Escurrir (15 segundos) Aplicar fungicida Empacar por tres días Segunda inmersión (1 minuto) Escurrir (15 segundos) Aplicar fungicida Empacar para difusión (6-10 semanas)
Madera rolliza	
Diámetro de 1 a 2 pulg (2.5 a 5cm)	Una inmersión (5 minutos) Escurrir (15 segundos) Empacar para difusión (2 semanas)
Más de 2 a 8 pulg (más de 5 a 20cm)	Una inmersión (5 minutos) Escurrir (15 segundos) Empacar por tres días Segunda inmersión (5 minutos) Escurrir (15 segundos) Aplicar fungicida Empacar para difusión (6-10 semanas)

Fuente: Velásquez, 1993

El rendimiento de la solución de boratos es muy variable y depende del tamaño de la madera que se trata y de la forma en que se hace la aplicación del tratamiento. El consumo de la solución varía con la especie, la forma, y la textura de la madera que se trata. En general, se estima que por cada metro cuadrado de superficie de madera tratada se consumen 0.32 litros de solución preservada. (USB, 1986:16 y BHL, 1984: 23-24)Para calcular cuanta solución

necesita preparar según la cantidad de madera que va a tratar se presentan las siguientes tablas.

Tabla 111 Piezas aserradas a tratar con 10 galones de solución por inmersión

Tamaño en pulg	Pies de largo					
	8	**10**	**12**	**14**	**16**	
1X4	191	153	128	109	96	
1X6	136	109	91	78	68	
1X8	106	85	71	61	53	
1X10	87	69	58	50	43	
1X12	73	59	49	42	37	
2X4	159	127	106	91	80	
2X6	119	95	79	68	60	
2X8	95	76	63	54	48	
2X10	79	63	53	45	40	
2X12	68	54	45	39	34	
3X3	156	125	104	90	78	
3X4	135	108	90	77	68	
3X6	104	84	70	60	53	Cantidad de piezas
3X8	85	68	57	49	43	
3X10	72	58	48	41	36	
3X12	62	50	42	36	31	
4X4	118	95	79	68	59	
4X6	94	76	63	54	47	
4X8	78	63	52	45	39	
4X10	67	54	45	38	34	
4X12	58	47	39	34	29	
6X6	78	63	52	45	39	
6X8	67	53	45	38	34	
6X10	58	47	39	33	29	
6X12	51	41	34	30	26	
8X8	58	46	39	33	29	
8X10	51	41	34	29	26	
8X12	46	37	31	26	23	

Fuente: Velásquez, 1993

Tabla 112 Piezas rollizas que se pueden tratar con 10 galones de solución por inmersión

Diámetro	Metros de largo				
	4	**6**	**8**	**10**	**12**
5cm (2pulg)	187	124	---	---	---
10cm (4pulg)	92	62	46	---	---
15cm (6pulg)	61	41	31	24	20
20cm (8pulg)	45	30	23	18	15

Fuente: Velásquez, 1993

Nota: No es recomendable re-aserrar piezas tratadas de 6 pulgadas (15cm) de grosor a tamaños menores, porque partes internas de la madera pueden quedar expuestas sin protección. Antes de preservar rollizos de más de 8 pulgadas de diámetro debe hacer varias pruebas de inmersión y brocha para asegurar que penetración y retención de boratos s la adecuada. (Velásquez, 1993)

38.5.3. Aplicación por brocha.

La aplicación con brocha se hace "pintando" la madera verde con la solución preservante. Se trabaja con la solución preparada con agua a temperatura ambiente. Esta aplicación se recomienda cuando se tratan pocas piezas. (Velásquez, 1993)

Materiales y utensilios necesarios

1. Una balanza en libras y onza
2. Dos cubetas plásticas de cinco galones cada una
3. Un tonel plástico con tapadera
4. Una brocha de 10cm (4 pulg)

Además los operarios deben portar el siguiente equipo de seguridad:

1. Mascarilla contra el polvo
2. Guates de hule de manga larga
3. Gabacha impermeable
4. Botas de hule

38.5.3.1. .Preparación de la madera

- Si es rolliza; seleccionar los arboles que se van a tratar y cortar únicamente el numero de arboles que se pueda tratar en un día de trabajo. Llevar lo arboles

al sitio de trabajo y descortezarlos tratando de que la madera no se ensucie con el suelo. Cortar las ramas al ras de la troza, para que las puntas no rompan el polietileno al empacar la madera. Es mejor cortar la pieza al largo y en la forma de su uso final.

- Si es aserrada; limpiar la madera y asegurarse de que está verde. (Velásquez, 1993)

38.5.3.2. Preparación de la solución

Tabla 113 Cantidades de boratos para la preparación de soluciones

Cantidades de boratos para preparar 5 galones de solución	
Acido bórico	6.25 lb
Bórax	9.75 lb

Fuente: Velásquez, 1993

Utilizar una cubeta plástica de 5 galones y llenarla de agua hasta la mitad. Agregar poco a poco los boratos mezclados en seco mientras se agita fuertemente el agua para que todo el polvo se disuelva. Completar la cantidad de agua que haga falta para llenar los cinco galones. Para colocar el polietileno se extiende sobre el suelo, se corta un poco más largo que la madera que se empacará y abrirlo por la mitad para hacer un lienzo del doble de ancho. (Velásquez, 1993)

Con el equipo protector puesto, colocar una pieza sobre el polietileno y "pintarla". Pintar cada pieza de un extremo al otro hasta terminar. Darle vuelta a la pieza y pintar la parte sin tratar.

Toda la madera debe pintarse con la solución, especialmente las puntas. Pintar todos los rollizos en la misma forma. (Velásquez, 1993)

Si no se termina la tarea en un día, se deben empacar las piezas sin tratar y se debe tapar la cubeta con la solución. Empacar la madera tratada y lavar las brochas con agua y jabón- Terminar el trabajo al día siguiente.

Colocar las piezas de madera tratada sobre el polietileno extendido. Juntarlas una sobre otra. Empacarlas con el polietileno de manera que no circule aire ni entre agua dentro del paquete.

Los paquetes deben protegerse del sol y de la lluvia; de preferencia deben colocarse en una galera abierta cerca del lugar donde estibará la madera para secarla después. Empacar los rollizos de acuerdo al tiempo indicado en la tabla 35.1. (Velásquez, 1993)

La forma de "pintar" la madera depende del grosor de la madera. La tabla siguiente muestra el tratamiento a seguir.

Tabla 114 Tratamiento con brocha para madera aserrada o rolliza

Grosor de madera	Tratamiento
Grosor 1 a 2 pulgadas (2.5 a 5 cm)	Una pintada Aplicar fungicida Empacar para difusión (2 semanas)
Más de 2-8 pulgadas (más de 5 a 20cm)	Primera pintada Aplicar fungicida Empacar por tres días Segunda pintada Aplicar fungicida Empacar para difusión (6-10semanas)

Fuente: Velásquez, 1993

El rendimiento de la solución de boratos es muy variable y depende del tamaño de la madera que se trata y de la forma en que se hace la aplicación del tratamiento. El consumo de la solución varía con la especie, la forma, y la textura de la madera que se trata. En general, se estima que por cada metro cuadrado de superficie de madera tratada se consumen 0.32 litros de solución preservada. (USB, 1986:16 y BHL, 1984: 23-24) Para calcular cuanta solución necesita preparar según la cantidad de madera que va a tratar se presentan las siguientes tablas.

Tabla 115 Piezas rollizas a con 5 galones de solución por inmersión

Diámetro	Metros de largo				
	4	**6**	**8**	**10**	**12**
5cm (2pulg)	88	58	---	---	---
10cm (4pulg)	43	29	21	---	---
15cm (6pulg)	28	19	14	11	9
20cm (8pulg)	21	14	10	8	7

Fuente: Velásquez, 1993

Tabla 116 Piezas aserradas que a tratar con 5 galones de solución por inmersión

Tamaño en pulg	**Pies de largo**					
	8	**10**	**12**	**14**	**16**	
1X4	90	72	60	51	45	
1X6	64	51	43	37	32	
1X8	50	40	33	28	25	
1X10	41	32	27	23	20	
1X12	34	28	23	19	17	
2X4	75	60	50	43	38	
2X6	56	45	37	32	28	
2X8	45	36	29	25	22	
2X10	37	29	25	21	19	
2X12	32	25	21	18	16	
3X3	74	59	49	42	37	
3X4	64	51	42	36	32	
3X6	49	39	33	28	25	Cantidad
3X8	40	32	27	23	20	de piezas
3X10	34	27	22	19	17	
3X12	29	23	19	17	14	
4X4	56	45	37	32	28	
4X6	44	36	29	25	22	
4X8	37	29	24	21	18	
4X10	31	25	21	18	16	
4X12	27	22	18	16	13	
6X6	37	29	24	21	18	
6X8	31	25	21	18	16	
6X10	27	22	18	15	13	
6X12	24	19	16	14	12	
8X8	27	21	18	15	13	
8X10	24	19	16	13	12	
8X12	21	17	14	12	10	

Fuente: Velásquez, 1993

38.6. Tablas para la adaptación del método con boratos

Tabla 117 Concentración y temperatura de solución según el grosor de madera

Grosor de madera		Concentración de solución (%ABE)	Temperatura de la solución (°C)
Mm	**in**		
25	1	25	46
38	1 ½	30	52
51	2	35	54
76	3	45	57

Fuente: Velásquez, 1993

Tabla 118 Borato necesario para prepara 1000L de solución según la concentración

Concentración de solución (%ABE)	Borax (kg)	Ácido bórico (kg)
20	154	100
21	162	105
22	169	110
23	177	115
24	184	120
25	192	125
26	200	130
27	208	135
28	215	140
29	223	145
30	231	150
31	239	155
32	247	160
33	254	165
34	262	170
35	269	175
36	277	180
37	285	185
38	293	190
39	300	195
40	308	200

Fuente: Velásquez, 1993

39. ASPECTOS GEOGRÁFICOS RELEVANTES PARA EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL TRATAMIENTO CON BORATOS

Dado a que este estudio se realizará en la República de Guatemala, específicamente en la región I o metropolitana, es importante tomar en cuenta factores climáticas que lleguen a tener alguna repercusión en el trabajo científico. (INSIVUMEH)

39.1. Zona climática

Definida por la ladera de la sierra de los Cuchumatanes Chamá y las minas, norte de los departamentos de Huehuetenango, El Quiché, Alta Verapaz y Cuenca del Rio Polochic. Las elevaciones oscilan entre los 300 hasta los 1400 metros sobre el nivel del mar, es muy lluviosa y los registros más altos se obtienen de junio a octubre, los niveles de temperatura descienden conforme aumenta la elevación. En esta región se manifiestan climas de género cálido con invierno benigno, cálidos sin estación seca bien definida y semicálidos con invierno benigno, su carácter varía de muy húmedos sin estación seca bien definida. La vegetación característica es de selva a bosque. (INSIVUMEH)

39.2. Humedad relativa

Es el vapor de agua contenida en un volumen dada de aire y la que podría contener el mismo volumen si estuviese saturado a la misma temperatura. (INSIVUMEH)

Tabla 119 Humedad promedio de los últimos años.

AÑO	PROMEDIO ANUAL
2000	74
2001	73
2002	76
2003	77
2004	74
2005	76
2006	73
2007	78
2008	74

39.3. Temperatura

La temperatura es la medición del clima o calor que posee los cuerpos. En la meteorología se utiliza la escala Celsius (T grados) cuyo dos puntos fijos son, el punto de fusión del hielo (0 grados) y el punto de ebullición normal del agua (100 grados C). (INSIVUMEH)

Tabla 120 Temperatura media en de los últimos años en grados centígrados

AÑO	PROMEDIO BAJO	PROMEDIO ALTO	ANUAL
2000	16	23.6	19.4
2001	16.8	20.4	19
2002	17.1	20.3	19
2003	16.8	24.8	19.7
2004	18.2	20.6	19.5
2005	17.7	22.2	20.4
2006	18	21.6	19.9
2007	18.7	21.1	19.8
2008	17.6	25.6	19.76

39.4. Brillo solar

Es el tiempo durante el cual el sol brilla en el cielo durante un tiempo determinado horas, días, meses. (INSIVUMEH)

Tabla 121 Promedio anual de brillo solar

AÑO	BRILLO SOLAR/HORAS
1990	211.1
1995	202.6
2000	208.2
2002	216.6
2004	218.1
2006	200.1
2008	194.6

39.5. Días de lluvia

A continuación se presenta la tabla del promedio de días de lluvia. (INSIVUMEH)

Tabla 122 Promedio anual de días lluviosos

Año	Días más bajos por mes	Días más altos por mes.	Promedio Anual
2000	0	23	116
2001	2	22	114
2002	0	25	110
2003	1	24	119
2004	1	24	124
2005	0	24	131
2006	0	29	157
2007	0	27	134
2008	0	25	127

40. MÉTODO PARA PRUEBAS COLORIMÉTRICAS

La prueba colorimétrica ofrece una manera práctica y eficaz para determinar el nivel de penetración del tratamiento en la madera. Esta prueba puede hacerse durante o después de los períodos de difusión. (Velásquez, 1993)

Esta prueba se utiliza para tener un control de los lotes, por lo tanto, si más del 15% de las muestras revelan una difusión deficiente, se recomienda prolongar el tiempo de la etapa de difusión del lote. (Velásquez, 1993)

La prueba colorimétrica se basa en la aplicación de dos soluciones en el área transversal de las muestras previamente secas al horno.

Primero se aplica la solución de cúrcuma y luego la de acido salicílico. Esta combinación junto con los boratos difundidos en la madera, hacen que la madera se torne de un color que va de amarillo a rojo brillante –mientras más rojo se torne, mayor será la concentración de sales-.

La aplicación de estas soluciones se realiza con un aspersor manual (uno por cada solución) para que de esta forma se logre empapar la sección transversal de la madera. Para estos aspersores es recomendable que no tengan piezas metálicas y que produzcan un rocío fino. (Velásquez, 1993)

40.1. Preparación de las soluciones para prueba colorimétrica (Velásquez, 1993)

Para la preparación de las siguientes soluciones se debe tener mucho cuidado y preferentemente en una campana de extracción. Los reactivos (a excepción de la cúrcuma) a utilizar deben ser de grado técnico y con una pureza de 95% o más.

Durante la aplicación de las soluciones se recomienda utilizar bata, guantes de hule, y una mascarilla, además de estar en un lugar ventilado.

Con respecto a las soluciones debe tenerse la consideración que son fotosensibles, lo que quiere decir que su almacenamiento debe ser en un lugar oscuro, seco, y con temperaturas no mayores de 40°C.

40.1.1. Solución 1 –Extracto de cúrcuma al 10% (p/v) en etanol-

Para la preparación de 100ml de solución realizar el siguiente procedimiento

- Medir 100ml de etanol al 95% en un beaker de 250ml.
- Agregar 10g de cúrcuma en polvo y agitar constantemente.
- Calentar por debajo de 60°C durante 15min mientras se mantiene la agitación y cubierto con un vidrio de reloj. Posteriormente se deja reposar y enfriar.
- Filtrar la solución y recibir en un frasco oscuro.

Esta solución es de color naranja y tiene un tiempo de vida útil de 15 días.

40.1.2. Solución 2 –ácido salicílico al 6% (p/v) en ácido clorhídrico-

Para la preparación de 100ml de solución realizar el siguiente procedimiento en una campana de extracción de gases

- Medir 20ml de acido clorhídrico al 37% en un beaker de 250ml.
- Agregar, cuidadosamente y con agitación, etanol al 95% para obtener un volumen total de 100ml.
- Agregar a la solución 6g de ácido salicílico y mantener la agitación.
- Después de disuelto el ácido salicílico ya puede ser transferida a un envase.

Se obtendrá una solución incolora y tiene un tiempo de vida útil de varios meses.

4.2 Procedimiento para la realización de la prueba (Velásquez, 1993)

1. Cortar a 15cm (6”) de cualquier extremo de la muestra de madera una sección transversal que su ancho este entre ¼” y ½”.
2. Secar las muestras en un horno a no más de 60°C hasta que su peso sea estable. Esto se hace con el fin de que la muestre alcance un humedad entre 12-15% y que de esta forma se pueda aplicar la prueba colorimétrica.
3. Rociar con cada una de las soluciones la superficie transversal de las muestras. Primero aplicar la solución de cúrcuma y dejar secar por aproximadamente 10min. Posteriormente aplicar la solución de ácido salicílico y nuevamente se debe dejar secar.

4. Mientras se seca la solución de ácido salicílico aparecerá una coloración rojiza en la muestra la cual se podrá leer con la tabla que se presentara a continuación. Esta lectura se debe realizar en los primeros 5min después de que la solución halla secado.

Medición de la penetración y retención de boratos en la madera. Cuando el núcleo de la pieza tome un tono café-rojizo significara que el tratamiento con boratos fue aceptable. Este tomo indicara que la retención de sales de boro es de 0.96 kg/m^3.

Tabla 123 Retención aproximada de ácido bórico equivalente (ABE) en la madera

Color revelado	Retención ABE (kg/m^3)	Retención ABE (% p/p)
Rojo Brillante	1.28 o más	0.3 o más
Café rojizo	0.96	0.25
Café-amarrillo	0.64	0.2
Amarrillo	0.32 o más	0.15 o más

Fuente: Velásquez, 1993

41. ANÁLISIS DE DATOS DE LA PRUEBACOLORIMÉTRICA Y EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL TRATAMIENTO CON BORATOS

41.1. Datos obtenidos de las pruebas y análisis

Tabla 124 Peso sin tratamiento cubos del duramen de pino

Cubos de pino duramen		
Muestra	Peso (g)	(±g)
1	5.2738	0.0001
2	5.0956	0.0001
3	5.1664	0.0001
4	5.0663	0.0001
5	5.1013	0.0001
6	5.1058	0.0001
7	5.3753	0.0001
8	5.0222	0.0001
9	5.0986	0.0001
10	5.0947	0.0001
11	5.0367	0.0001
12	4.9264	0.0001
13	5.2208	0.0001
14	5.1002	0.0001
15	5.1971	0.0001

Tabla 125 Peso sin tratamiento cubos de la albura de pino

Cubos de pino albura		
Muestra	Peso (g)	(±g)
1	3.5118	0.0001
2	3.1545	0.0001
3	3.3598	0.0001
4	3.7698	0.0001
5	3.5581	0.0001
6	3.0536	0.0001
7	3.3226	0.0001
8	3.3225	0.0001
9	3.6591	0.0001
10	3.4445	0.0001
11	3.5688	0.0001
12	3.1345	0.0001
13	3.4527	0.0001
14	3.7374	0.0001
15	3.4399	0.0001
16	3.5182	0.0001
17	3.0608	0.0001
18	3.3819	0.0001
19	3.6176	0.0001
20	3.3177	0.0001
21	3.2279	0.0001
22	3.2888	0.0001
23	3.2306	0.0001
24	3.7071	0.0001
25	3.3665	0.0001

Tabla 126 Continúa

Cubos de pino albura		
Muestra	Peso (g)	(±g)
26	3.5675	0.0001
27	3.6436	0.0001
28	3.1414	0.0001
29	3.1116	0.0001
30	3.9865	0.0001
31	3.3692	0.0001
32	3.3738	0.0001
33	3.6437	0.0001
34	3.4797	0.0001
35	3.5284	0.0001
36	3.5761	0.0001
37	3.1987	0.0001
38	3.5926	0.0001
39	3.1341	0.0001
40	3.4941	0.0001
41	3.6359	0.0001
42	3.6045	0.0001
43	3.2523	0.0001
44	3.2628	0.0001
45	3.8215	0.0001
46	3.1077	0.0001
47	3.161	0.0001
48	3.6895	0.0001
49	3.4842	0.0001
50	3.4398	0.0001

Tabla 127 Continúa

Cubos de pino albura		
Muestra	Peso (g)	(±g)
51	3.6487	0.0001
52	3.1917	0.0001
53	3.1378	0.0001
54	4.0113	0.0001
55	4.1341	0.0001
56	3.4643	0.0001
57	3.0827	0.0001
58	3.6206	0.0001
59	3.2745	0.0001
60	3.2403	0.0001
61	3.6107	0.0001
62	3.1565	0.0001
63	3.679	0.0001
64	3.4097	0.0001
65	3.3965	0.0001
66	3.4279	0.0001
67	3.6853	0.0001
68	3.3222	0.0001
69	3.7649	0.0001
70	3.1911	0.0001
71	3.155	0.0001
72	3.6425	0.0001
73	3.3984	0.0001
74	3.3041	0.0001
75	3.2137	0.0001

Tabla 128 Continúa

Cubos de pino albura		
Muestra	Peso (g)	(±g)
76	3.1789	0.0001
77	3.3854	0.0001
78	3.5456	0.0001
79	3.6456	0.0001
80	3.4659	0.0001
81	3.2509	0.0001
82	3.5765	0.0001
83	3.3657	0.0001
84	3.6718	0.0001
85	3.6029	0.0001
86	3.6822	0.0001
87	3.6772	0.0001
88	3.6849	0.0001
89	3.3561	0.0001
90	3.6577	0.0001
91	3.7595	0.0001
92	3.2686	0.0001
93	3.4368	0.0001
94	3.6397	0.0001
95	3.3344	0.0001
96	3.4731	0.0001
97	3.5461	0.0001
98	3.2439	0.0001
99	3.506	0.0001
100	3.2272	0.0001

Tabla 129 Continúa

Cubos de pino albura		
Muestra	Peso (g)	(±g)
101	3.6608	0.0001
102	3.0795	0.0001
103	3.1675	0.0001
104	3.7424	0.0001
105	3.6037	0.0001
106	3.0678	0.0001
107	3.4988	0.0001
108	3.729	0.0001
109	3.3851	0.0001
110	3.5131	0.0001
111	3.3302	0.0001
112	3.1554	0.0001
113	3.836	0.0001
114	3.6723	0.0001
115	3.4378	0.0001
116	3.5335	0.0001
117	3.0318	0.0001
118	3.1046	0.0001
119	3.6226	0.0001
120	3.7695	0.0001
121	3.4622	0.0001
122	3.6011	0.0001
123	3.7705	0.0001
124	3.2446	0.0001
125	3.7394	0.0001

Tabla 130 Peso sin tratamiento para los cubos de ciprés

Cubos de Ciprés		
Muestra	Peso (g)	(±g)
1	2.8861	0.0001
2	2.9732	0.0001
3	2.9757	0.0001
4	3.4579	0.0001
5	2.9777	0.0001
6	2.9424	0.0001
7	3.1169	0.0001
8	3.0338	0.0001
9	2.9763	0.0001
10	2.9504	0.0001
11	3.2325	0.0001
12	2.9389	0.0001
13	2.9389	0.0001
14	2.8737	0.0001
15	3.0676	0.0001
16	2.939	0.0001
17	3.1426	0.0001
18	2.9498	0.0001
19	3.0674	0.0001
20	3.0404	0.0001
21	2.8829	0.0001
22	2.9945	0.0001
23	2.9903	0.0001
24	3.0956	0.0001

Tabla 131 Peso cubos de duramen de pino con tratamiento

Cubos de pino duramen		
Muestra	Peso (g)	(±g)
1	6.4213	0.0001
2	6.1138	0.0001
3	6.0429	0.0001
4	5.9899	0.0001
5	6.0947	0.0001
6	6.1880	0.0001
7	6.5527	0.0001
8	---	---
9	5.9844	0.0001
10	5.9479	0.0001
11	6.0929	0.0001
12	5.7521	0.0001
13	6.1440	0.0001
14	6.1530	0.0001
15	---	---

*Los cubos 8 y 15 fueron utilizados como control por lo cual no tienen datos

Tabla 132 Peso cubos de albura de pino con tratamiento

Cubos de pino albura		
Muestra	Peso (g)	(±g)
1	6.0577	0.0001
2	4.7566	0.0001
3	4.7286	0.0001
4	5.6898	0.0001
5	5.4641	0.0001
6	5.2183	0.0001
7	5.0554	0.0001
8	4.9284	0.0001
9	5.3662	0.0001
10	4.9590	0.0001
11	5.4571	0.0001
12	5.0085	0.0001
13	5.1946	0.0001
14	5.6599	0.0001
15	5.0696	0.0001
16	5.2811	0.0001
17	4.3831	0.0001
18	4.8368	0.0001
19	5.3994	0.0001
20	5.0451	0.0001
21	4.8301	0.0001
22	4.9267	0.0001
23	4.4906	0.0001
24	5.4108	0.0001
25	5.0204	0.0001

Tabla 133 Continúa

Cubos de pino albura		
Muestra	Peso (g)	(±g)
26	5.7576	0.0001
27	5.0179	0.0001
28	4.7565	0.0001
29	4.3350	0.0001
30	5.5297	0.0001
31	5.0447	0.0001
32	5.2043	0.0001
33	5.6828	0.0001
34	5.4374	0.0001
35	5.7009	0.0001
36	4.9679	0.0001
37	5.1239	0.0001
38	5.2071	0.0001
39	4.9721	0.0001
40	5.8759	0.0001
41	5.1770	0.0001
42	5.2038	0.0001
43	4.8598	0.0001
44	4.7089	0.0001
45	5.6810	0.0001
46	4.2861	0.0001
47	4.8497	0.0001
48	5.6739	0.0001
49	5.6756	0.0001
50	5.2474	0.0001

Tabla 134 Continúa

Cubos de pino albura		
Muestra	Peso (g)	(±g)
51	6.0392	0.0001
52	4.5026	0.0001
53	4.6821	0.0001
54	5.7154	0.0001
55	5.8044	0.0001
56	5.4128	0.0001
57	4.2361	0.0001
58	5.2196	0.0001
59	4.9016	0.0001
60	4.7240	0.0001
61	5.9691	0.0001
62	4.5741	0.0001
63	5.6659	0.0001
64	4.7036	0.0001
65	5.2877	0.0001
66	5.0630	0.0001
67	5.3992	0.0001
68	4.7859	0.0001
69	5.5140	0.0001
70	4.6780	0.0001
71	4.4773	0.0001
72	5.9181	0.0001
73	4.8690	0.0001
74	4.6240	0.0001
75	5.2264	0.0001

Tabla 135 Continúa

Cubos de pino albura		
Muestra	Peso (g)	(±g)
76	4.7421	0.0001
77	5.0752	0.0001
78	5.7457	0.0001
79	---	---
80	5.8360	0.0001
81	4.9281	0.0001
82	6.1400	0.0001
83	4.9309	0.0001
84	5.7865	0.0001
85	4.9723	0.0001
86	5.2578	0.0001
87	5.8043	0.0001
88	5.4184	0.0001
89	4.8851	0.0001
90	5.7146	0.0001
91	5.5846	0.0001
92	5.0159	0.0001
93	5.3617	0.0001
94	5.1982	0.0001
95	4.7337	0.0001
96	5.2552	0.0001
97	5.6765	0.0001
98	5.2251	0.0001
99	5.0998	0.0001
100	4.8964	0.0001

*El cubo 79 fue utilizado como control por lo cual no tiene dato

Tabla 136 Continúa

Cubos de pino albura		
Muestra	Peso (g)	(±g)
101	5.5129	0.0001
102	5.1621	0.0001
103	4.8905	0.0001
104	5.6931	0.0001
105	5.9869	0.0001
106	4.4584	0.0001
107	5.6324	0.0001
108	5.4245	0.0001
109	5.1914	0.0001
110	5.1755	0.0001
111	4.6860	0.0001
112	4.6262	0.0001
113	5.5379	0.0001
114	5.7326	0.0001
115	5.2536	0.0001
116	5.3903	0.0001
117	4.6063	0.0001
118	4.6378	0.0001
119	5.7083	0.0001
120	5.2906	0.0001
121	---	---
122	5.3374	0.0001
123	5.4102	0.0001
124	4.5145	0.0001
125	5.5983	0.0001

*El cubo 121 fue utilizado como control por lo cual no tiene dato

Tabla 137 Peso cubos de ciprés con tratamiento

Cubos de Cipres		
Muestra	Peso (g)	(±g)
1	3.5656	0.0001
2	3.8390	0.0001
3	3.8993	0.0001
4	4.0230	0.0001
5	3.8891	0.0001
6	3.5485	0.0001
7	3.5948	0.0001
8	3.5948	0.0001
9	3.9498	0.0001
10	---	---
11	3.7411	0.0001
12	3.4611	0.0001
13	3.4485	0.0001
14	3.4223	0.0001
15	---	---
16	3.5406	0.0001
17	3.6532	0.0001
18	3.8745	0.0001
19	3.6188	0.0001
20	3.9082	0.0001
21	3.5362	0.0001
22	3.9647	0.0001
23	3.6543	0.0001
24	3.9351	0.0001

*Los cubos 10 y 15 fueron utilizados como control por lo cual no tienen datos

Tabla 138 Resultados pruebas colorimétricas en los cubos de duramen de pino

Cubos de pino duramen			
Muestra	Color	ABE retenido (kg/m³)	ABE retenido (% p/p)
2	Café – amarrillo	0.64	0.2
	Café – amarrillo	0.64	0.2
3	Centro amarrillo borde rojo	0.32	0.15
	Centro amarrillo y rojo	0.32	0.15
6	Café – amarrillo	0.64	0.2
	Café rojizo	0.96	0.25
11	Café rojizo	0.96	0.25
	Café rojizo	0.96	0.25
13	Café rojizo	0.96	0.25
	Café – amarrillo	0.64	0.2

*En cada muestra existen dos resultados ya que se aplicó la prueba colorimétrica a ambas partes del cubo partido.

Tabla 139 Resultados pruebas colorimétricas en cubos de albura de pino

Muestra	Color	ABE retenido (kg/m³)	ABE retenido (% p/p)
1	Rojo	1.28	0.3
	Café – amarrillo	0.64	0.2
8	Café – amarrillo	0.64	0.2
	Café - amarrillo	0.64	0.2
12	Café rojizo	0.96	0.25
	Café rojizo	0.96	0.25
15	Café - amarrillo	0.64	0.2
	Café - amarrillo	0.64	0.2
16	café rojizo	0.96	0.25
	Café rojizo	0.96	0.25
18	Café rojizo	0.96	0.25
	Café rojizo	0.96	0.25
20	Café rojizo	0.96	0.25
	Café rojizo	0.96	0.25
23	Café - amarrillo	0.64	0.2
	Amarrillo	0.32	0.15
24	Amarrillo	0.32	0.15
	Café - amarrillo	0.64	0.2
25	Rojo	1.28	0.3
	Café rojizo	0.96	0.25
31	Café - amarrillo	0.64	0.2
	Café - amarrillo	0.64	0.2
32	Rojo	1.28	0.3
	Rojo	1.28	0.3

*En cada muestra existen dos resultados ya que se aplicó la prueba colorimétrica a ambas partes del cubo partido.

Tabla 140 Continúa

Cubos de pino albura			
Muestra	Color	ABE retenido (kg/m³)	ABE retenido (% p/p)
34	Rojo	1.28	0.3
	Rojo	1.28	0.3
35	Café rojizo	0.96	0.25
	Café rojizo	0.96	0.25
39	Café - amarrillo	0.64	0.2
	Café rojizo	0.96	0.25
40	Café rojizo	0.96	0.25
	Café - amarrillo	0.64	0.2
41	Café rojizo	0.96	0.25
	Café rojizo	0.96	0.25
48	Rojo	1.28	0.3
	Rojo	1.28	0.3
50	Rojo	1.28	0.3
	Rojo	1.28	0.3
52	Rojo	1.28	0.3
	Rojo	1.28	0.3
60	Café - amarrillo	0.64	0.2
	Café - amarrillo	0.64	0.2
61	Rojo	1.28	0.3
	Rojo	1.28	0.3
62	Café - amarrillo	0.64	0.2
	Café rojizo	0.96	0.25
67	Café rojizo	0.96	0.25
	Café - amarrillo	0.64	0.2
68	Café rojizo	0.96	0.25
	Café rojizo	0.96	0.25

*En cada muestra existen dos resultados ya que se aplicó la prueba colorimétrica a ambas partes del cubo partido.

Tabla 141 Continúa

Cubos de pino albura			
Muestra	Color	ABE retenido (kg/m³)	ABE retenido (% p/p)
69	Café rojizo	0.96	0.25
	Café rojizo	0.96	0.25
74	Café rojizo	0.96	0.25
	Café rojizo	0.96	0.25
75	Café - amarrillo	0.64	0.2
	Café - amarrillo	0.64	0.2
81	Café rojizo	0.96	0.25
	Café rojizo	0.96	0.25
83	Café rojizo	0.96	0.25
	Café rojizo	0.96	0.25
84	Café rojizo	0.96	0.25
	Café rojizo	0.96	0.25
86	Café rojizo	0.96	0.25
	Café rojizo	0.96	0.25
87	Café - amarrillo	0.64	0.2
	Café - amarrillo	0.64	0.2
90	Rojo	1.28	0.3
	Rojo	1.28	0.3
91	Café rojizo	0.96	0.25
	Rojo	1.28	0.3
94	Café rojizo	0.96	0.25
	Café rojizo	0.96	0.25
96	Café rojizo	0.96	0.25
	Rojo	1.28	0.3

*En cada muestra existen dos resultados ya que se aplicó la prueba colorimétrica a ambas partes del cubo partido.

Tabla 142 Continúa

Cubos de pino albura			
Muestra	Color	ABE retenido (kg/m³)	ABE retenido (% p/p)
97	Rojo	1.28	0.3
	Rojo	1.28	0.3
98	Rojo	1.28	0.3
	Rojo	1.28	0.3
100	Café - amarrillo	0.64	0.2
	Café rojizo	0.96	0.25
108	Rojo	1.28	0.3
	Rojo	1.28	0.3
109	Rojo	1.28	0.3
	Café - amarrillo	0.64	0.2
110	Rojo	1.28	0.3
	Rojo	1.28	0.3
111	Rojo	1.28	0.3
	Café rojizo	0.96	0.25
112	Rojo	1.28	0.3
	Café - amarrillo	0.64	0.2
117	Rojo	1.28	0.3
	Café rojizo	0.96	0.25
118	Rojo	1.28	0.3
	Rojo	1.28	0.3
120	Rojo	1.28	0.3
	Café - amarrillo	0.64	0.2
122	Rojo	1.28	0.3
	Café rojizo	0.96	0.25
125	Rojo	1.28	0.3
	Rojo	1.28	0.3

*En cada muestra existen dos resultados ya que se aplicó la prueba colorimétrica a ambas partes del cubo partido.

Tabla 143 Resultados pruebas colorimétricas en cubos de ciprés

Cubos de ciprés			
Muestra	Color	ABE retenido (kg/m³)	ABE retenido (% p/p)
9	Centro rojo	1.28	0.3
	Centro rojo	1.28	0.3
11	Café - amarrillo	0.64	0.2
	Centro amarrillo borde rojo	0.32	0.15
17	Centro amarrillo borde rojo	0.32	0.15
	Centro amarrillo borde rojo	0.32	0.15
19	Centro amarrillo borde rojo	0.32	0.15
	Centro amarrillo borde rojo	0.32	0.15
21	Café rojizo	0.96	0.25
	Centro amarrillo borde rojo	0.32	0.15

*En cada muestra existen dos resultados ya que se aplicó la prueba colorimétrica a ambas partes del cubo partido.

Tabla 144 Resultado pruebas microbiológicas para los cubos sin tratamiento

Cubos sin tratar								
	Duramen de pino	(±g)	Albura de pino 1	(±g)	Albura de pino 2	(±g)	Ciprés	(±g)
Peso inicial (g)	5.1971	0.0001	3.6456	0.0001	3.4622	0.0001	2.9504	0.0001
Peso final (g)	5.0273	0.0001	3.5716	0.0001	3.3848	0.0001	2.8632	0.0001

Tabla 145 Resultado pruebas microbiológicas para los cubos tratados

Cubos tratados								
	Duramen de pino	(±g)	Albura de pino 1	(±g)	Albura de pino 2	(±g)	Ciprés	(±g)
Peso inicial (g)	6.0947	0.0001	5.0159	0.0001	5.4102	0.0001	3.8891	0.0001
Peso final (g)	6.0504	0.0001	5.0032	0.0001	5.3916	0.0001	3.8511	0.0001

41.2. Cálculo de muestra

Cálculo 1

Para el cálculo de la cantidad de borato utilizada por litro de solución preparada

Se tomó la cantidad de boratos utilizados para elaborar la solución y se divide entre la cantidad de solución que se preparo.

$$C_{ab} = \frac{m_{ab}}{V_{sol}}$$

$$C_{ab} = \frac{0.318\ kg}{2\ l}$$

$$C_{ab} = 0.159\ kg/l$$

$$C_{bor} = \frac{m_{bor}}{V_{sol}}$$

$$C_{bor} = \frac{0.499\ kg}{2\ l}$$

$$C_{bor} = 0.2495\ kg/l$$

Cálculo 2

Para el cálculo de la cantidad de borato a utilizar para preparar 1000 litro de solución

Se tomó la cantidad de boratos utilizados para elaborar un litro de solución y se multiplica por 1000 litros

$$C_{ab1000} = C_{ab} * 1000l$$

$$C_{ab1000} = 0.159kg/l * 1000l$$

$$C_{ab1000} = 159\ kg$$

$$C_{bor1000} = C_{bor} * 1000l$$

$$C_{bor1000} = 0.2495kg/l * 1000l$$

$$C_{bor1000} = 249.5\ kg$$

Cálculo 3

Para el cálculo de la concentración de la solución utilizada para el tratamiento con boratos

Se tomó la cantidad de boratos a utilizar para elaborar 1000l de solución y utilizando la tabla # 15 se obtuvo el ácido bórico equivalente.

$[ABE]_{sol} \approx 32\%$

Cálculo 4

Para el cálculo del borato adsorbido por cada cubo

Se tomó el peso del cubo después del tratamiento con boratos y se le resto el peso inicial (sin tratamiento) del cubo

**para todos demás datos se calculo igual.*

$m_{ba} = m_t - m_o$

$m_{ba} = 6.4213g \pm 0.0001g - 5.2738g \pm 0.0001g$

$m_{ba} = 1.1475g \pm 0.00014g$

Cálculo 5

Para el cálculo del área superficial de una tabla de 2"x10"x12" (0.05m*0.254m*3.66m)

Se toma cada una de las caras de la tabla, se calcula el área de dicha cara, así para cada cara y al final se suman las áreas

$A_{tb} = 2 * A_1 + 2 * A_2 + 2 * A_3$

$A_{tb} = 2 * (0.05m * 0.254m) + 2 * (0.05m * 3.66m) + 2 * (0.256 * 3.66)$

$A_{tb} = 2.25068 = 2.25m^2$

Cálculo 6

Para el cálculo de la cantidad de solución utilizada para una tabla de 2"x10"x12" (0.05m*0.254m*3.66m)

Se toma el área superficial de la tabla y se multiplica por el factor de rendimiento de la solución de borato (0.32l/m²)

$V_{sol.ut} = A_{tb} * 0.32\ l/m^2$

$V_{sol.ut} = 2.25m^2 * 0.32\ l/m^2$

$V_{sol.ut} = 0.72\ l$

Cálculo 7

Para el cálculo del costo de elaborar 1 litro de solución para el tratamiento de borato

Sabiendo que el costo de los boratos fue de Q30 el kilo de ácido bórico y Q30 el kilo de bórax y la cantidad utilizada de cada uno para la fabricación de un litro de solución. Se

toma la cantidad de cada borato y se multiplica por su costo, posterior a eso se suman y el resultado se divide entre un litro de solución.

$$Cst_{sol} = Cst_{ab} * C_{ab} + Cst_{bor} * C_{bor}$$

$$Cst_{sol} = Q30/kg * 0.159kg/l + Q30/kg * 0.2495kg/l$$

$$Cst_{sol} = \frac{Q12.255}{l} = Q12.25/l$$

Cálculo 8

Para el cálculo del costo de tratar una tabla de 2"x10"x12" (0.05m*0.254m*3.66m)

Se toma el costo de un litro de solución para el tratamiento con boratos y se multiplica por los litros de solución que se utilizaran para tratar la tabla.

$$Cst_{tb} = Cst_{sol} * V_{sol.ut}$$

$$Cst_{tb} = Q12.25/l * 0.72l$$

$$Cst_{tb} = Q8.82$$

Cálculo 9

Para el cálculo del costo de tratar un pie tablar

*Se toma el costo de tratar una tabla de 2"x10"x12" (0.05m*0.254m*3.66m), se calcula el volumen de dicha tabla y se realiza la conversión del volumen en m³ a pie tablar.*

$$Cst_{ptb} = \frac{Cst_{tb}}{V_{tb}} * \frac{0.0023597m^3}{1\ pie\ tablar}$$

$$Cst_{ptb} = \frac{Q8.82}{(0.05m * 0.254m * 3.66m)} * \frac{0.0023597m^3}{1\ pie\ tablar}$$

$$Cst_{ptb} = \frac{Q0.4478}{pie\ tablar} = \frac{Q0.45}{pie\ tablar}$$

Cálculo 10

Para el cálculo de la pérdida de peso después de la prueba microbiológica

Se tomó el peso del cubo antes de la prueba microbiológica y se le resto el peso del cubo después de la prueba microbiológica.

**para todos demás datos se calculo igual.*

$$m_{micro} = m_o - m_{tm}$$

$$m_{micro} = 6.0947g \pm 0.0001g - 6.0504g \pm 0.0001g$$

$$m_{micro} = 0.0443g \pm 0.00014g$$

41.3. Análisis de error

41.3.1. Incertidumbre para la suma o resta

$$(A \pm a) \pm (B \pm b) = (A \pm B) \pm \sqrt[2]{a^2 + b^2}$$

$$6.4213g \pm 0.0001g - 5.2738g \pm 0.0001g = 6.4213g - 5.2738g \pm \sqrt[2]{(0.0001)^2 + (0.0001)^2}$$

$$6.4213g \pm 0.0001g - 5.2738g \pm 0.0001g = 1.1475g \pm 0.00014g$$

41.3.2. Análisis estadística para los datos obtenidos para la adsorción de borato de los cubos de duramen de pino.

Los datos de los errores típicos se calcularon en Excel utilizando la herramienta de análisis de error con un intervalo de confianza del 95% y serán mostrados en las siguientes tablas.

Tabla 146 Datos adsorción de borato de los cubos de duramen de pino

Datos para Cubos Pino duramen	
Media	0.985823077
Error estándar	0.03158748
Mediana	0.9934
Desviación Estándar	0.113890277
Varianza	0.012970995
Numero de muestras	13
Intervalo de confianza(95.0%)	0.068823206

41.3.3. Análisis estadística para los datos obtenidos para la adsorción de borato de los cubos de albura de pino.

Los datos de los errores típicos se calcularon en Excel utilizando la herramienta de análisis de error con un intervalo de confianza del 95% y serán mostrados en las siguientes tablas.

Tabla 147 Datos adsorción de borato de los cubos de albura de pino

Datos para Cubos Pino Albura	
Media	1.743457724
Error estándar	0.027086134
Mediana	1.7037
Desviación Estándar	0.300399762
Varianza	0.090240017
Numero de muestras	123
Intervalo de confianza(95.0%)	0.053619708

41.3.4. Análisis estadística para los datos obtenidos para la adsorción de borato de los cubos de ciprés.

Los datos de los errores típicos se calcularon en Excel utilizando la herramienta de análisis de error con un intervalo de confianza del 95% y serán mostrados en las siguientes tablas.

Tabla 148 Datos adsorción de borato de los cubos de ciprés

Datos para Cubos Ciprés	
Media	0.692545455
Error estándar	0.037839118
Mediana	0.6297
Desviación Estándar	0.177481193
Varianza	0.031499574
Numero de muestras	22
Intervalo de confianza(95.0%)	0.078690753

41.4. Datos calculados

41.4.1. Tablas de datos calculados

Tabla 149 Borato adsorbido cubos de duramen de pino

Cubos de pino duramen		
Muestra	Peso (g)	(+- g)
1	1.1475	0.0001
2	1.0182	0.0001
3	0.8765	0.0001
4	0.9236	0.0001
5	0.9934	0.0001
6	1.0822	0.0001
7	1.1774	0.0001
8	---	---
9	0.8858	0.0001
10	0.8532	0.0001
11	1.0562	0.0001
12	0.8257	0.0001
13	0.9232	0.0001
14	1.0528	0.0001
15	---	---

- Los cubos 8 y 15 fueron utilizados como control por lo cual no tienen datos

Tabla 150 Borato adsorbido cubos de albura de pino

Cubos de pino albura		
Muestra	Peso (g)	(+- g)
1	2.5459	0.0001
2	1.6021	0.0001
3	1.3688	0.0001
4	1.9200	0.0001
5	1.9060	0.0001
6	2.1647	0.0001
7	1.7328	0.0001
8	1.6059	0.0001
9	1.7071	0.0001
10	1.5145	0.0001
11	1.8883	0.0001
12	1.8740	0.0001
13	1.7419	0.0001
14	1.9225	0.0001
15	1.6297	0.0001
16	1.7629	0.0001
17	1.3223	0.0001
18	1.4549	0.0001
19	1.7818	0.0001
20	1.7274	0.0001
21	1.6022	0.0001
22	1.6379	0.0001
23	1.2600	0.0001
24	1.7037	0.0001
25	1.6539	0.0001

Tabla 151 Continúa

Cubos de pino albura		
Muestra	Peso (g)	(+- g)
26	2.1901	0.0001
27	1.3743	0.0001
28	1.6151	0.0001
29	1.2234	0.0001
30	1.5432	0.0001
31	1.6755	0.0001
32	1.8305	0.0001
33	2.0391	0.0001
34	1.9577	0.0001
35	2.1725	0.0001
36	1.3918	0.0001
37	1.9252	0.0001
38	1.6145	0.0001
39	1.8380	0.0001
40	2.3818	0.0001
41	1.5411	0.0001
42	1.5993	0.0001
43	1.6075	0.0001
44	1.4461	0.0001
45	1.8595	0.0001
46	1.1784	0.0001
47	1.6887	0.0001
48	1.9844	0.0001
49	2.1914	0.0001
50	1.8076	0.0001

Tabla 152 Continúa

Cubos de pino albura		
Muestra	Peso (g)	(+- g)
51	2.3905	0.0001
52	1.3109	0.0001
53	1.5443	0.0001
54	1.7041	0.0001
55	1.6703	0.0001
56	1.9485	0.0001
57	1.1534	0.0001
58	1.5990	0.0001
59	1.6271	0.0001
60	1.4837	0.0001
61	2.3584	0.0001
62	1.4176	0.0001
63	1.9869	0.0001
64	1.2939	0.0001
65	1.8912	0.0001
66	1.6351	0.0001
67	1.7139	0.0001
68	1.4637	0.0001
69	1.7491	0.0001
70	1.4869	0.0001
71	1.3223	0.0001
72	2.2756	0.0001
73	1.4706	0.0001
74	1.3199	0.0001
75	2.0127	0.0001

Tabla 153 Continúa

Cubos de pino albura		
Muestra	Peso (g)	(+- g)
76	1.5632	0.0001
77	1.6898	0.0001
78	2.2001	0.0001
79	---	---
80	2.3701	0.0001
81	1.6772	0.0001
82	2.5635	0.0001
83	1.5652	0.0001
84	2.1147	0.0001
85	1.3694	0.0001
86	1.5756	0.0001
87	2.1271	0.0001
88	1.7335	0.0001
89	1.5290	0.0001
90	2.0569	0.0001
91	1.8251	0.0001
92	1.7473	0.0001
93	1.9249	0.0001
94	1.5585	0.0001
95	1.3993	0.0001
96	1.7821	0.0001
97	2.1304	0.0001
98	1.9812	0.0001
99	1.5938	0.0001
100	1.6692	0.0001

*El cubo 79 fue utilizado como control por lo cual no tiene dato

Tabla 154 Continúa

Cubos de pino albura		
Muestra	Peso (g)	(+- g)
101	1.8521	0.0001
102	2.0826	0.0001
103	1.7230	0.0001
104	1.9507	0.0001
105	2.3832	0.0001
106	1.3906	0.0001
107	2.1336	0.0001
108	1.6955	0.0001
109	1.8063	0.0001
110	1.6624	0.0001
111	1.3558	0.0001
112	1.4708	0.0001
113	1.7019	0.0001
114	2.0603	0.0001
115	1.8158	0.0001
116	1.8568	0.0001
117	1.5745	0.0001
118	1.5332	0.0001
119	2.0857	0.0001
120	1.5211	0.0001
121	---	---
122	1.7363	0.0001
123	1.6397	0.0001
124	1.2699	0.0001
125	1.8589	0.0001

*El cubo 121 fue utilizado como control por lo cual no tiene dato

Tabla 155 Borato adsorbido cubos de ciprés

Cubos de Cipres		
Muestra	Peso (g)	(+- g)
1	0.6795	0.0001
2	0.8658	0.0001
3	0.9236	0.0001
4	0.5651	0.0001
5	0.9114	0.0001
6	0.6061	0.0001
7	0.4779	0.0001
8	0.5610	0.0001
9	0.9735	0.0001
10	---	---
11	0.5086	0.0001
12	0.5222	0.0001
13	0.5096	0.0001
14	0.5486	0.0001
15	---	---
16	0.6016	0.0001
17	0.5106	0.0001
18	0.9247	0.0001
19	0.5514	0.0001
20	0.8678	0.0001
21	0.6533	0.0001
22	0.9702	0.0001
23	0.6640	0.0001
24	0.8395	0.0001

*Los cubos 10 y 15 fueron utilizados como control por lo cual no tienen datos

Tabla 156 Masa perdida después prueba microbiológica cubos sin tratar

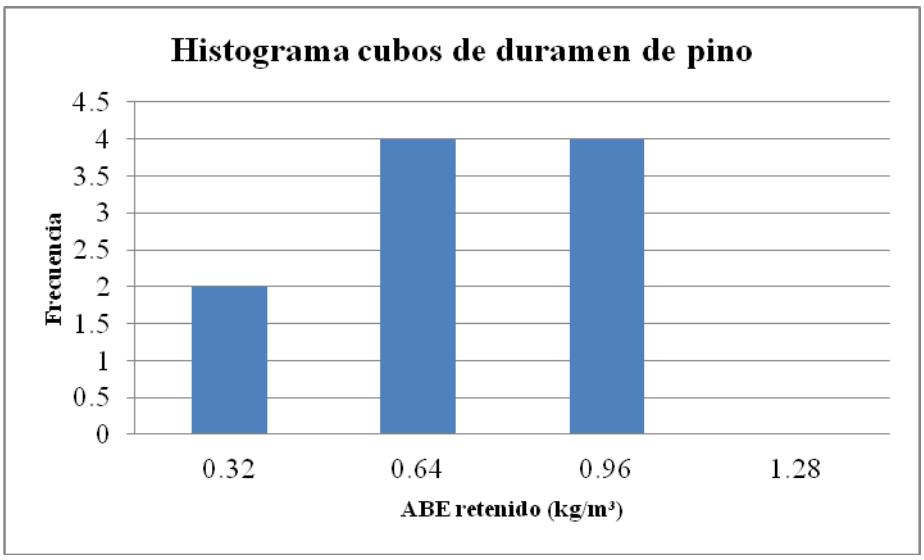
Cubos sin tratar								
	Duramen de pino	(±g)	Albura de pino 1	(±g)	Albura de pino 2	(±g)	Ciprés	(±g)
peso perdido (g)	0.1698	0.0001	0.0740	0.0001	0.0774	0.0001	0.0872	0.0001

Tabla 157 Masa perdida después prueba microbiológica cubos tratados

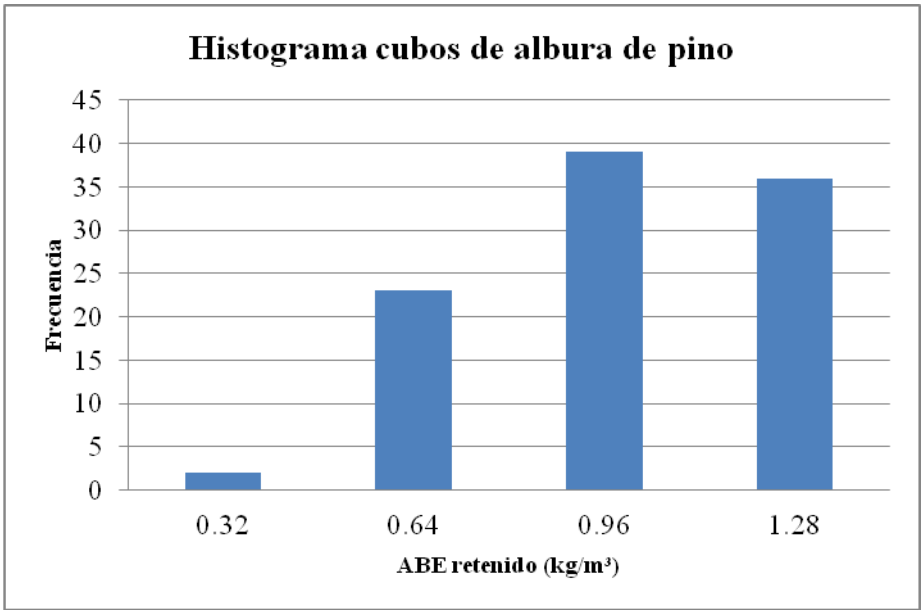
Cubos Tratados								
	Duramen de pino	(±g)	Albura de pino 1	(±g)	Albura de pino 2	(±g)	Ciprés	(±g)
peso perdido (g)	0.0443	0.0001	0.0127	0.0001	0.0186	0.0001	0.038	0.0001

41.4.2. Gráficas de datos calculados

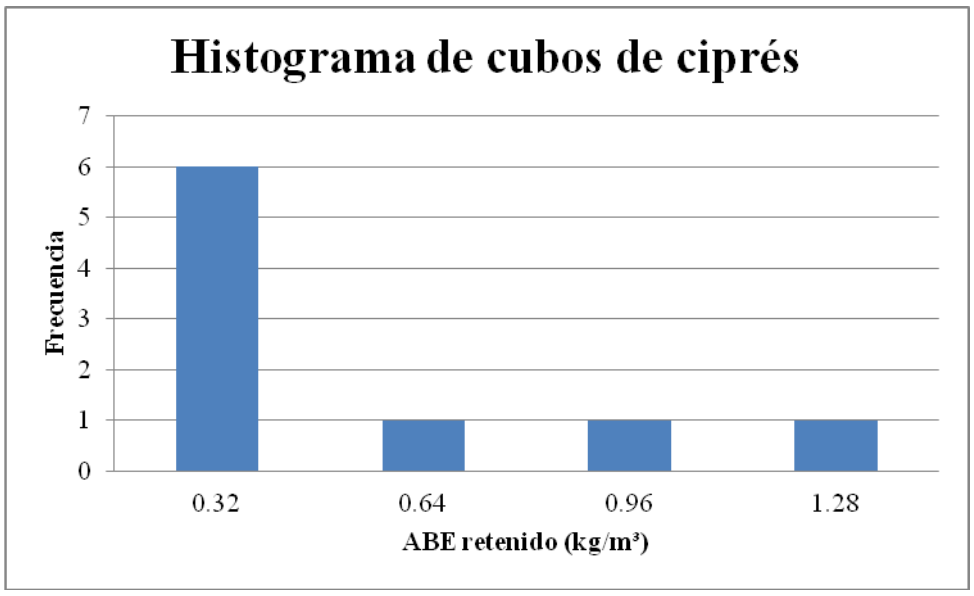
Grafica 13: Histograma cubos de duramen de pino pruebas colorimétricas



Grafica 14: Histograma cubos de albura de pino pruebas colorimétricas



Grafica 15: Histograma cubos de ciprés pruebas colorimétricas



41.5. Imágenes de la experimentación

Figura 459 Cubos de duramen de Pino

Figura 460 Pesaje de cubo de duramen de Pino

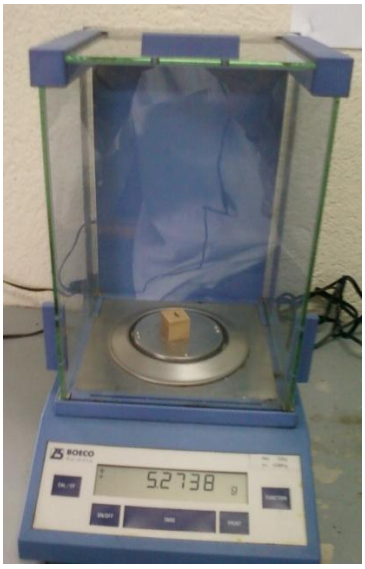


Figura 461 Cubos de albura de Pino parte 1

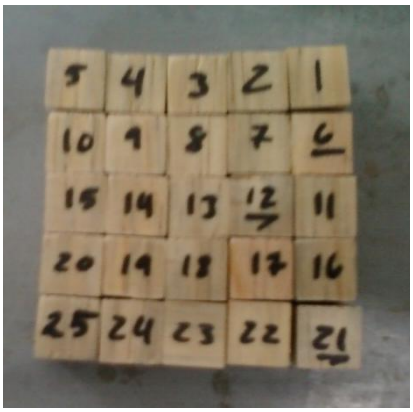


Figura 462 Cubos de albura de Pino parte 2

Figura 463 Cubos de albura de Pino parte 3

Figura 464 Cubos de albura de Pino parte 4

Figura 465 Pesaje de cubo de albura de Pino

Figura 466 Cubos de Ciprés

Figura 467 Pesaje de cubo de Ciprés

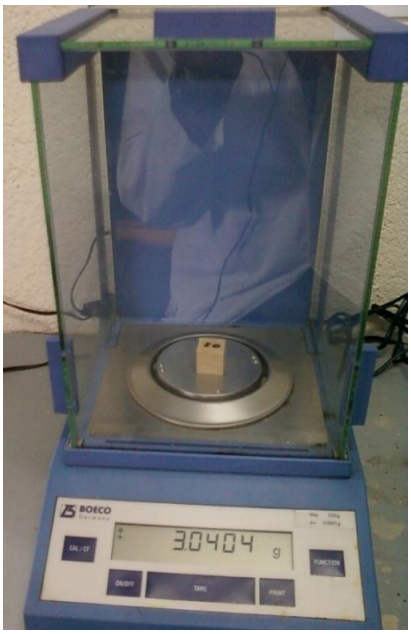


Figura 468 Cubos de Duramen de Pino utilizados como control

Figura 469 Cubos de Albura de Pino utilizados como control

Figura 470 Cubos de Ciprés utilizados como control

Figura 471 Ácido Bórico utilizado para el tratamiento

Figura 472 Borax utilizado para el tratamiento

Figura 473 Mezcla de boratos utilizada para el tratamiento

Figura 474 Disposición del sistema utilizado para el tratamiento con boratos

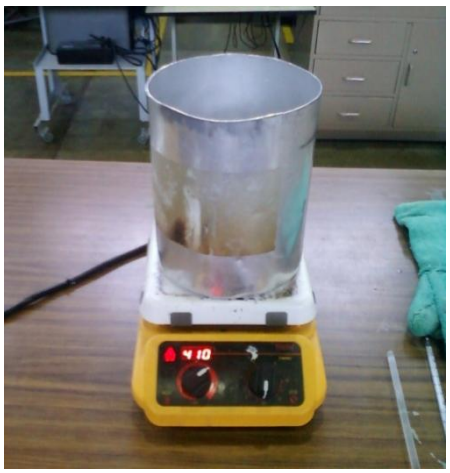


Figura 475 Solución utilizado para el tratamiento con boratos

Figura 476 Cubos de madera sumergidos en el tratamiento con boratos

Figura 477 Cubos escurriendo posterior al tratamiento

Figura 478 Cubos empacados para el proceso de difusión

Figura 479 Cubos desempacados después del tiempo del proceso de difusión

Figura 480 Ácido salicílico utilizado para el análisis colorimétrico

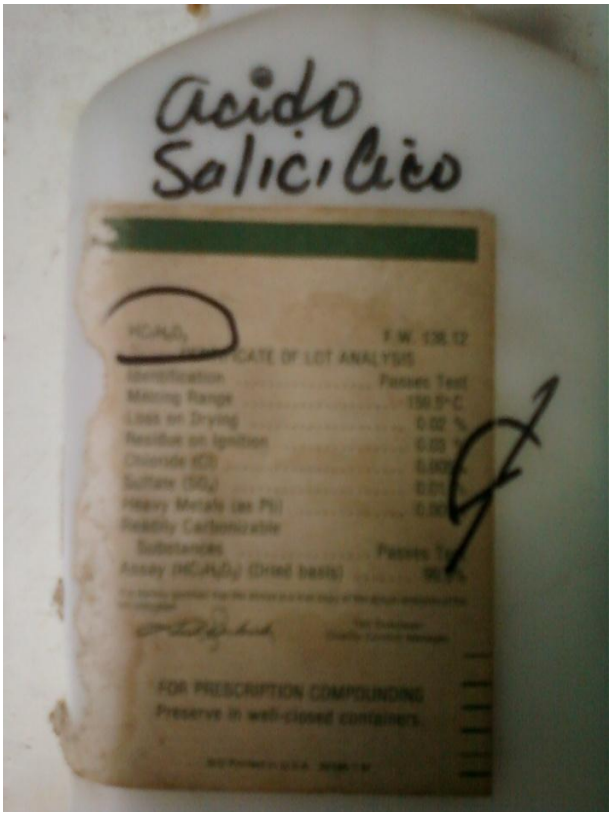


Figura 481 Ácido Clorhídrico utilizado para el análisis colorimétrico

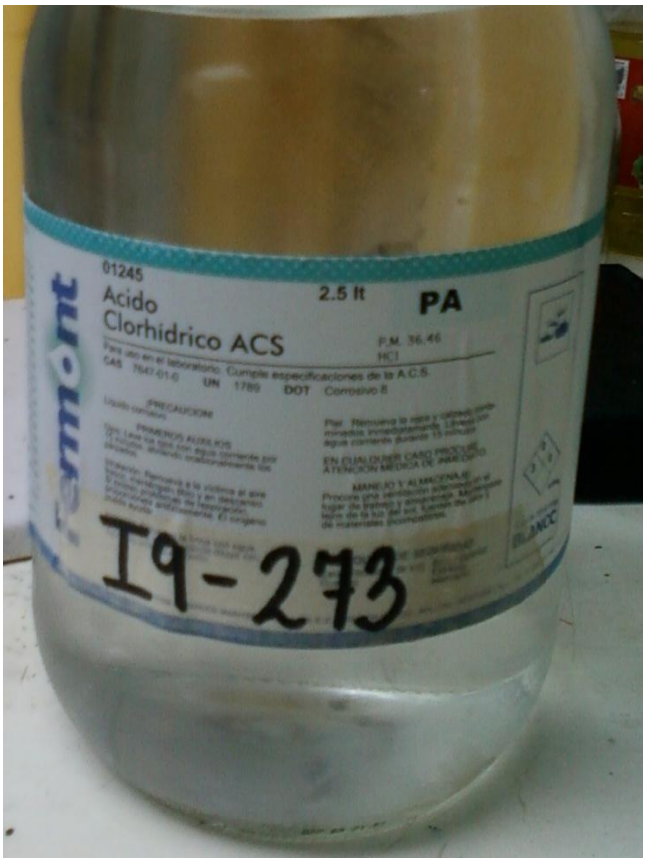


Figura 482 Cúrcuma utilizado para el análisis colorimétrico

Figura 483 Pesaje de la cúrcuma utilizada para el análisis colorimétrico

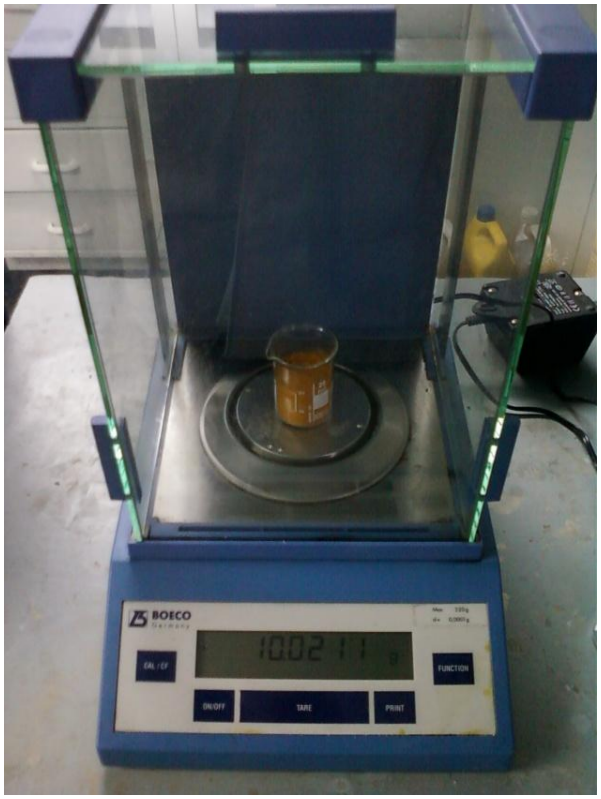


Figura 484 Disposición sistema para la preparación de solución de cúrcuma

Figura 485 Solución de cúrcuma utilizada en prueba colorimétrica

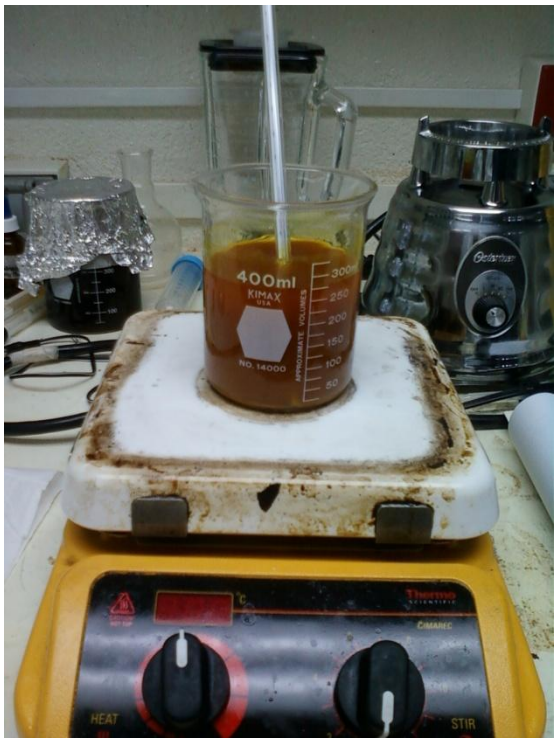


Figura 486 Pesaje de ácido salicílico utilizado para el análisis colorimétrico

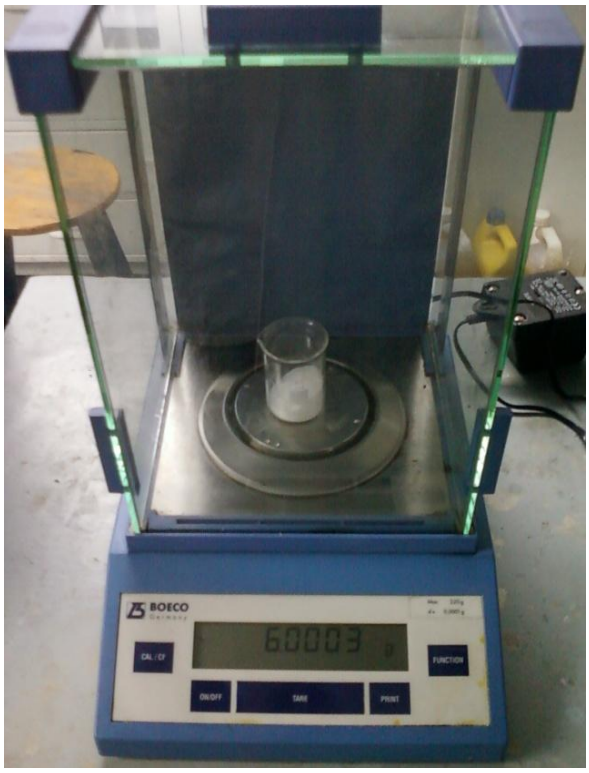


Figura 487 Solución de ácido salicílico y ácido clorhídrico

Figura 488 Contenedores de las soluciones de la prueba colorimétrica

Figura 489 Disposición de cubos de ciprés antes de la prueba colorimétrica

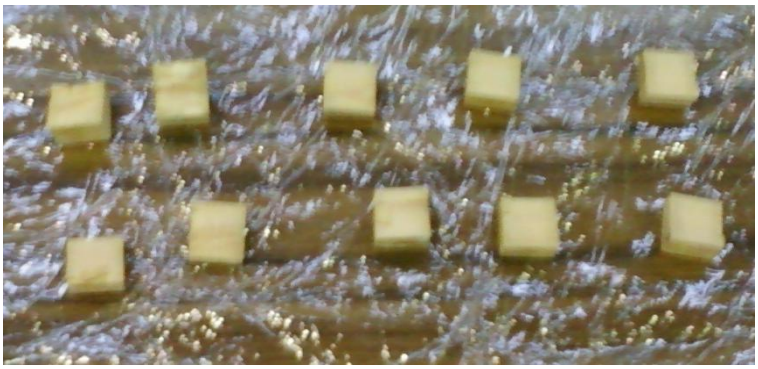


Figura 490 Cubos de ciprés después de la prueba colorimétrica

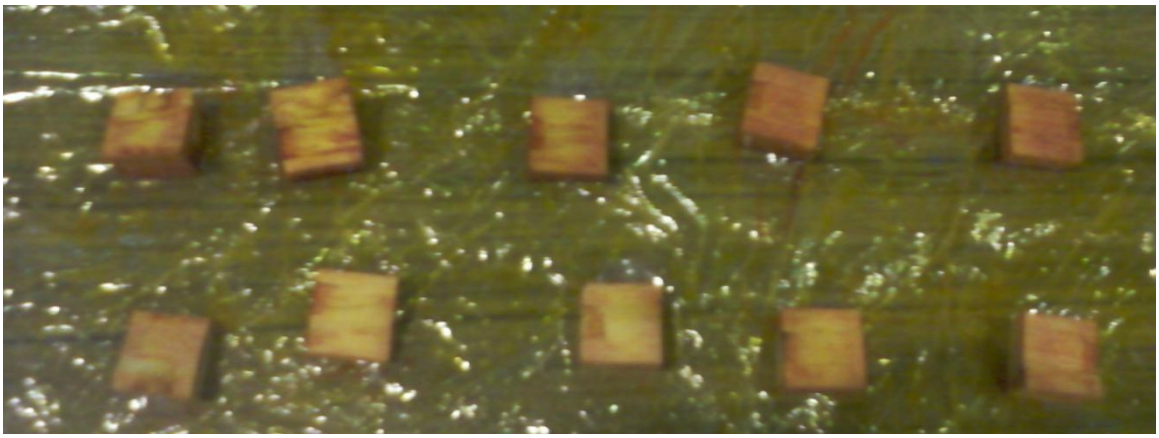


Figura 491 Cubo de ciprés después de la prueba colorimétrica

Figura 492 Cubo de ciprés después de la prueba colorimétrica

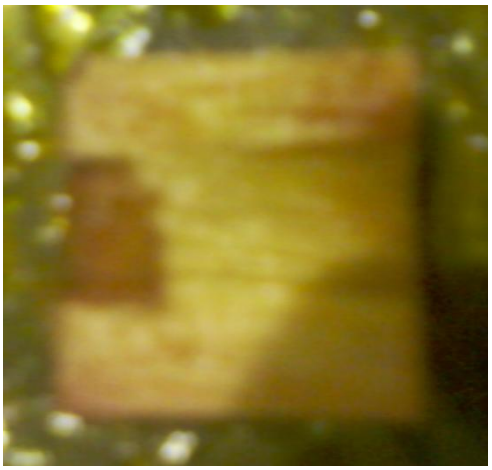


Figura 493 Disposición cubos de duramen antes prueba colorimétrica

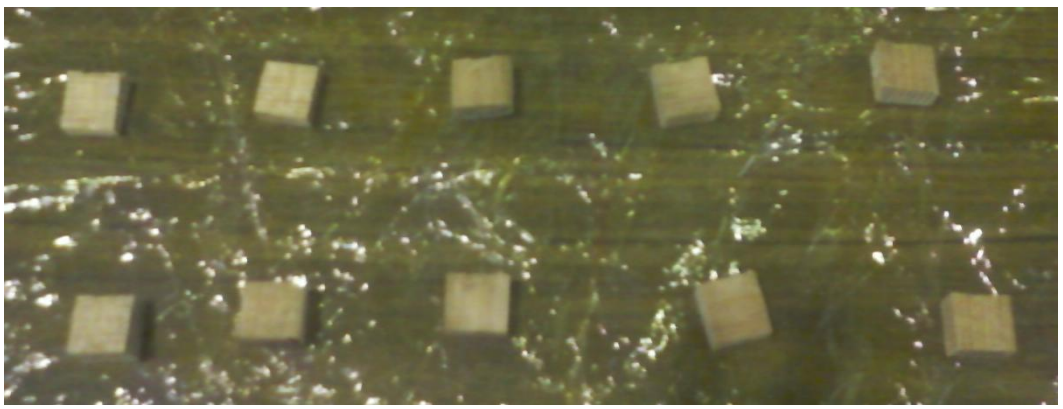


Figura 494 Cubos de duramen de pino después de la prueba colorimétrica

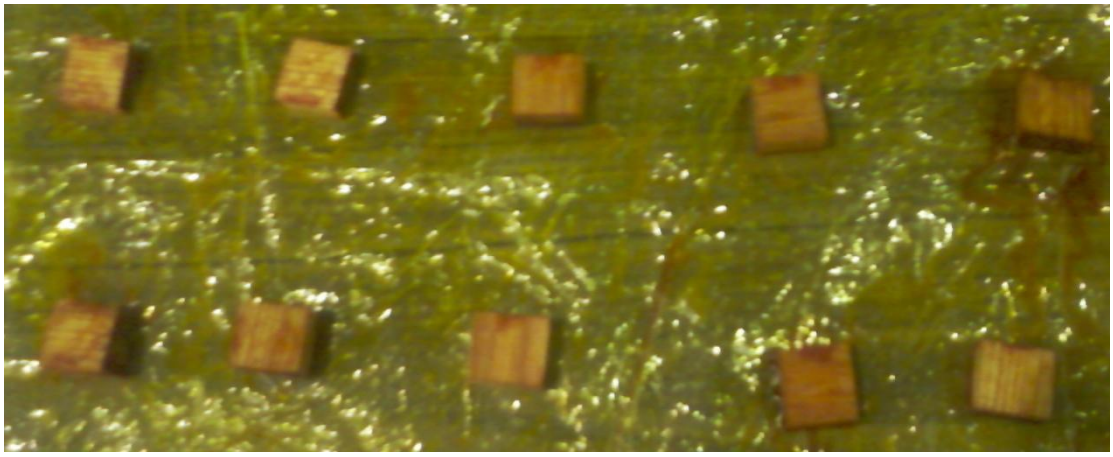


Figura 495 Cubo de duramen de pino después prueba colorimétrica

Figura 496 Cubo de duramen de pino después prueba colorimétrica

Figura 497 Cubos de albura de pino antes prueba colorimétrica

Figura 498 Cubos de albura de pino después prueba colorimétrica

Figura 499 Cubos de albura de pino después prueba colorimétrica

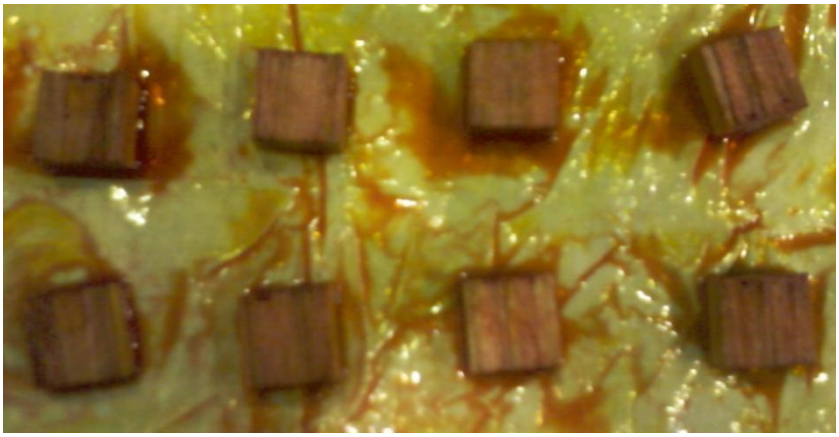


Figura 500 Cubos de albura de pino después prueba colorimétrica

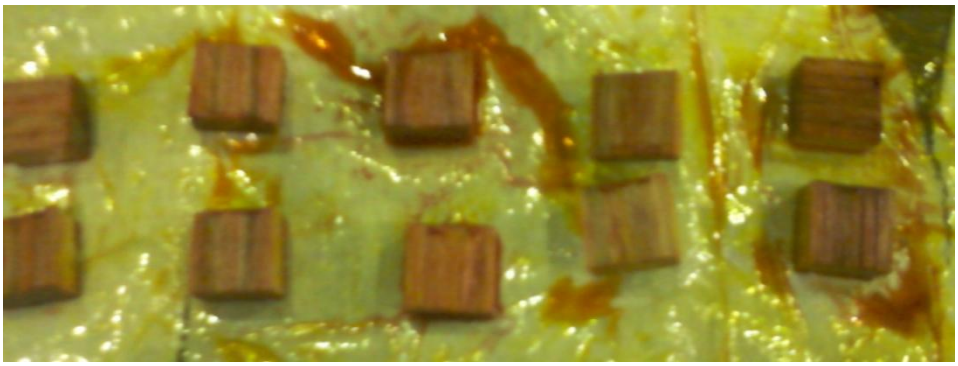


Figura 501 Material utilizado para la prueba microbiológica

Figura 502 Medios de cultivo antes de la prueba microbiológica

Figura 503: Medios de cultivo durante el proceso de incubación

Figura 503 Vista del cubo durante la prueba microbiológica

42. RESULTADOS Y DISCUSIÓN PARA LA PRUEBACOLORIMÉTRICA Y EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL TRATAMIENTO CON BORATOS

42.1. Resultados

Tabla 158 Resultados adsorción de borato cubos de duramen de pino

Media	0.9858 g
Error estándar	0.0316 g
Desviación estándar	0.1139 g
Intervalo de confianza (95.0%)	0.0688

Tabla 159 Resultados adsorción de borato cubos de albura de pino

Media	1.7435 g
Error estándar	0.0271 g
Desviación estándar	0.3004 g
Intervalo de confianza (95.0%)	0.0536

Tabla 160 Resultados adsorción de borato cubos de ciprés

Media	0.6925 g
Error estándar	0.0378 g
Desviación estándar	0.1775 g
Intervalo de confianza (95.0%)	0.0787

Tabla 161 Costo del tratamiento por método de boratos por pie tablar

Pie tablar	
Concentración de la solución (%ABE)	32%
Dimensiones	1' X 1' X 1"
Costo	Q0.45

Tabla 162 Resultado pruebas colorimétricas cubos de duramen de pino

ABE retenido (kg/m³)	Frecuencia
0.32	2
0.64	4
0.96	4
1.28	0

Tabla 163 Resultado pruebas colorimétricas cubos de albura de pino

ABE retenido (kg/m³)	Frecuencia
0.32	2
0.64	23
0.96	39
1.28	36

Tabla 164 Resultado pruebas colorimétricas cubos de ciprés

ABE retenido (kg/m³)	Frecuencia
0.32	6
0.64	1
0.96	1
1.28	1

Tabla 165 Resultado de las pruebas microbiológicas cubos sin tratar

Cubos sin tratar								
	Duramen de pino	(±g)	Albura de pino 1	(±g)	Albura de pino 2	(±g)	Ciprés	(±g)
Peso inicial (g)	5.1971	0.0001	3.6456	0.0001	3.4622	0.0001	2.9504	0.0001
Peso final (g)	5.0273	0.0001	3.5716	0.0001	3.3848	0.0001	2.8632	0.0001
peso perdido (g)	0.1698	0.0001	0.0740	0.0001	0.0774	0.0001	0.0872	0.0001

Tabla 166 Resultado de las pruebas microbiológicas cubos tratados

Cubos tratados								
	Duramen de pino	(±g)	Albura de pino 1	(±g)	Albura de pino 2	(±g)	Ciprés	(±g)
Peso inicial (g)	6.0947	0.0001	5.0159	0.0001	5.4102	0.0001	3.8891	0.0001
Peso final (g)	6.0504	0.0001	5.0032	0.0001	5.3916	0.0001	3.8511	0.0001
peso perdido (g)	0.0443	0.0001	0.0127	0.0001	0.0186	0.0001	0.038	0.0001

42.2. Discusión

Para esta sección se discutirá cada uno de los objetivos específicos planteados anteriormente, se tratara de interpretar y buscar una explicación lógica a los resultados obtenidos.

Antes de empezar con los resultados es conveniente mencionar que durante el tratamiento de madera con boratos se cometieron ciertas faltas en el procedimiento que pueden afectar los resultados obtenidos. Primer, como se menciono en la metodología la solución de boratos se realizó utilizando 0.318kg de ácido bórico y 0.499kg de bórax diluidos en 2 litros de agua. Con estos datos y como se puede observar en la tabla 161 la concentración aproxima de la solución fue de 32 % de ABE. Esto representa un problema ya que si se observa en la Tabla 117 esta concentración es recomendada para tablas con un grosor entre 38 y 51mm. Esta equivocación puede derivar a una sobresaturación de los cubos de madera (19mm cada arista), lo cual puede afectar el tratamiento ya que el efecto de difusión puede llegar a frenarse y no permitir una correcta penetración de los boratos en la madera, con lo cual los boratos quedarían únicamente en la superficie del cubo haciendo ineficiente el método ya que de ser así puede que la sal de boro llegue caerse con el contacto o la manipulación de la madera.

Al momento de la inmersión de los cubos de madera -debido a su pequeño tamaño (19mm cada arista)- en lugar de utilizar las manos para mantenerlos sumergidos, se utilizo un embudo plástico (Figura 476) ya que facilitada esta labor. El inconveniente que se observó

fue que debido a la naturaleza del embudo, en la parte superior se dejo una pequeña fracción sin sumergir en la solución, por lo cual los cubos que estuvieran en esta sección no tuvieron una correcta inmersión en la solución de boratos. Esta falta de inmersión afecta directamente el tratamiento ya que hubo secciones de algunos cubos que no tendrían la suficiente solución para que la difusión sea la correcta, por lo cual algunos resultados pudieran variar y no presentar una adsorción y difusión satisfactoria de boratos. Este error puede verse reflejado en una pobre difusión de boratos dentro de la madera o puede que una fracción del cubo de madera presente una mayor concentración de boratos que otra sección.

Por otro lado, durante el periodo de difusión de los cubos de madera posterior al tratamiento con boratos, no se utilizó polietileno para el empaque ya que era muy costos. En su defecto se utilizó polipropileno, esto pudo haber afectado el proceso de difusión ya que no tiene las mismas propiedades de permeabilidad que el polietileno. Esta diferencia de permeabilidad pudo hacer variar los resultados e incentivar una difusión más tardía o lenta, lo que conllevaría a que el tiempo de difusión se tendría que haber extendido para obtener mejores resultados y una correcta penetración.

En la prueba colorimétrica, al momento de la elaboración de la solución 2 (ácido salicílico al 6% en ácido clorhídrico) se cometió el error de no utilizar una solución de ácido clorhídrico al 37% sino que una mucho más concentrada. Esto repercute en la concentración de la solución 2 ya que en lugar de ser de ácido salicílico al 6% se obtuvo en una solución mucho más diluida. Esta mayor dilución se traduce a colores menos vivos al momento de aplicar la prueba colorimétrica ya que según *Barrero* el color que muestra este tipo de prueba esta relacionada con el compuesto formado por el ácido salicílico -en este caso- y el boro y la cúrcuma. Entonces al tener una menor concentración de ácido salicílico, lo que sucede es que los colores revelados para la prueba colorimétrica son menos vivos, pero no afecta el resultado final. El único inconveniente con esto es la dificultad en determinar el color revelado por la prueba.

Durante la prueba microbiológica es importante hacer la aclaración que el hongo utilizado fue Phanerochaete chrysosporium. Este hongo se considera de gran importancia ya que es generador de la llamada “mancha blanca”, además de tener la capacidad de degradar los aromáticos en la lignina. Por otro lado es uno de los hongos más utilizados para investigación debido a su complejo mecanismo de reproducción y contaminación. La significancia de utilizar este hongo radica en facilidad que tiene para degradar la madera, por lo tanto, sí el tratamiento presenta una buena resistencia hacia este tipo de hongo, se podría considerar que responderá de manera favorable con los demás.

Para la obtención de la cantidad promedio de borato adsorbido por los cubos de madera de pino y ciprés lo que se hizo fue pesar cada uno de los cubos de madera antes y después de ser tratados (Figura 460, 465, 467). Posterior se procedió a restar estos pesos, y se asumió que cualquier variación iba a ser producto de los boratos difundidos dentro de los cubos, con lo cual se podría obtener un dato aproximado de la cantidad de boratos que fueron retenidos durante el proceso por cada tipo de madera. Este dato de retención de boratos se utilizara con una forma de determinar cuál de los tres tipos de madera -duramen de pino, albura de pino, o ciprés- presenta menos facilidad para el tratamiento por difusión.

Si se observan los resultados obtenidos, se puede determinar que los cubos de albura de pino son los que mejor retención presentaron con un valor promedio de 1.7435g, seguido están los cubos de albura de pino con una retención promedio de 0.9858g y por último se encuentran los cubos de ciprés con un valor de 0.6925g. Estos resultados tienen sentido ya que el proceso de difusión se realiza mejor en la madera blanda, debido a esto se esperaba que la madera de pino tuviera una mejor retención que la madera de ciprés. Ahora bien, la diferencia entre la madera de albura de pino y la madera de duramen de pino se debe de igual forma a la dureza de estas, es decir, la albura del pino es la parte más blanda de esta madera, mientras que el duramen es la parte central del tronco y por lo tanto es una madera más compacta y más dura que la albura.

Otro factor que pudo influir en los resultados fue la humedad de los cubos. Pese a que se tuvo una adsorción relativamente aceptable como se expondrá posteriormente, los cubos de madera no eran de madera verde como se recomendaba en el procedimiento del tratamiento con boratos. Esto significa que la humedad no se encontraba entre 25 y 30% dentro de los cubos, lo cual dificulta la difusión de los boratos en la madera ya que esta es su fuerza motriz.

Es importante mencionar que los cubos de madera fueron proporcionados por el departamento de ingeniería civil. Esta aclaración se hace debido a que no se sabe si todos los cubos fueron extraídos del mismo pedazo de madera o de distintas piezas. Por consiguiente su fuente o banco de procedencia no necesariamente es de un lote uniforme, es decir, los mismos pueden ser de distintas partes de un mismo árbol o varios de ellos y esto puede afectar ya que por ser una fibra vegetal, no todas las partes del árbol tienen la misma forma fibrilar ni una misma densidad. Esta variación en las fibras, afecta que tan compacta es la madera y por lo tanto afecta directamente la dureza de las piezas y como se dijo anteriormente la dureza está directamente relacionada con la difusión de los boratos. Además esta posible

variación en la calidad de la madera pudo haber variado la desviación estándar y el intervalo de confianza de una manera más significativa.

Esta variación en el tipo de madera se puede ver refleja de forma más concreta en el valor de la desviación estándar para cada uno de los tipos de madera. En las tablas 158, 159, y 160 se puede observar que el valor de la desviación estándar para los cubos de albura de pino es de 0.3004g que es mayor al valor de la desviación estándar para los cubos de ciprés que es 0.1175g y que a su vez tiene un valor de desviación estándar que el de los cubos de duramen de pino, el cual es 0.1139g. En base a estos datos se puede decir que hubo mayor variación en la calidad de la madera utilizada para los cubos de albura de pino ya que la variación de los datos respecto a la media es mayor, lo cual se traduce en una mayor o menor variación en la cantidad de boratos adsorbidos para un mismo tipo de madera. Por el contrario los cubos elaborados con ciprés, que presentan una desviación estándar menor, pueden presentar una mejor calidad de la madera y por lo tanto sea más pareja la distribución de las fibras. Por otro lado también hay que tomar en cuenta que es por esto (una distribución de fibras más pareja) que la madera tiene una mayor dureza.

Otro de los valores que se deben tener en cuenta es el intervalo de confianza, este intervalo nos presenta un rango en el cual se pueden encontrar un porcentaje determinado de los datos. En este caso se utilizo un 95% de intervalo de confianza, es decir, que obtenemos un valor que representa un ± de la media, en donde se encontraran el 95% de los datos. Como se puede observar en las tablas 158, 159, y 160 el valor de intervalo de confianza para los cubos de albura de pino en menor (0.0536g) que el de los cubos de duramen de pino (0.0688g) y que a su vez es menor al valor para los cubos de ciprés (0.0787). Este intervalo se puede interpretar como la variación de los datos con respecto a la media, es decir, un valor de intervalo de confianza menor significa que la mayoría de nuestros datos están cercanos a la media, por lo tanto son más exactos y parecidos entre sí. Entonces con base en esto se puede decir que el tratamiento de los cubos de albura de pino fue más parecido entre sí que los resultados obtenidos para los cubos con madera de ciprés. Esta variación se puede deber a la dureza de la madera, ya que los boratos no penetran de una forma pareja o uniforme en una madera dura mientras que en una madera blanda sí. Esto de igual forma va ligado a que tan compacta es la madera dura o blanda.

En cuanto al error estándar, se puede observar en las tablas 158, 159, y 160 que todos los valores son simulares y relativamente bajos, por lo cual se puede decir que los datos calculados son bastante aceptables. Aun así se presenta un menor error en los datos obtenidos para los cubos de albura de pino gracias a las características de dicha madera.

Es importante mencionar que para la prueba colorimétrica lo que se hizo fue tomar una cubo de madera y partirlo a lo mitad para así obtener el doble de muestra y al mismo tiempo poder realizar un estudio en duplicado.

En cuanto a los resultados para la prueba colorimétrica se puede observar en las tablas 162, 163 y 164 que los resultados son algo variados pero siempre muestran una cierta tendencia hacia un tipo de resultados. Por ejemplo en la tabla 162 se puede observar que la tendencia para los cubos de duramen de pino es hacia 0.64 y 0.96 kg/m³. En la tabla 39. 7 se puede observar que claramente la tendencia para los cubos de ciprés es hacia 0.32 kg/m³.

En este tipo de pruebas es donde se refleja lo que con anterioridad se estaba exponiendo, y es que si se observa, pese a que los cubos de duramen de pino y de ciprés mostraron una adsorción de boratos similar, los resultados de las pruebas colorimétricas demuestran que la difusión en los cubos de duramen de pino fue mucho mejor que para los cubos de ciprés. Es con este resultado que también se ve la dependencia de la dureza de la madera con el proceso de difusión porque pese a que los cubos de ciprés lograron adsorber una cantidad aceptable de borato, la mayoría se quedo en la superficie o no logro penetrar de forma correcta. Por el contrario, aunque el duramen es la parte más dura de la madera de pino, los resultados revelan que la difusión en este tipo de madera fue aceptable y que posiblemente con un poco más de tiempo en el proceso de difusión se obtendría una mejor penetración y por lo tanto una mayor cantidad de boratos en la madera.

Ahora bien, si se comparan los resultados de las tablas 162 y 163 se puede decir que la diferencia entre la dureza y la facilidad de difusión para el duramen y el pino es significativa. Esto se dice ya que los datos para la albura de pino tendieron a 0.96 y 1.28 kg/m³ lo cual significa que la difusión se realizó de una mejor forma en este tipo de madera y que efectivamente la dureza afecta mucho la difusión. Para los cubos de albura de pino se puede decir que la mayoría de boratos adsorbidos se lograron difundir por toda la madera y que posiblemente, con un poco más de tiempo en el proceso de difusión se tendrá una adsorción de 1.28 kg/m³ en casi todas las piezas.

Como se dijo con anterioridad, estos resultados obtenidos están sujetos al error cometido en la preparación de las soluciones por lo cual pueden estar sujetos a cambios. Esto se debe a que la interpretación de los colores puede variar pero no en gran medida, es decir, puede que algunos resultados se hayan interpretado mal por la poca tonalidad de los cubos. Posiblemente sí se elabora de forma correcta las solución para la prueba colorimétrica la interpretación de

los colores puede mejorar, pero la tendencia de los resultados muy posiblemente se conservara.

Algo que es importante mencionar que si se observa la Figura 490 específicamente el par de cubos 4 -de izquierda a derecha- se puede ver que , pese a ser el mismo cubo, tienen una marcada diferencia en el resultado de la prueba colorimétrica. Esta diferencia se puede deber a que no hubo una correcta difusión en toda la madera debido a la dureza y la distribución de las fibras vegetales o posiblemente no se aplicaron de forma correcta las solución de la prueba colorimétrica. Este fenómeno se presenta de igual forma en el par de cubos 5 de la Figura 494 ya que presentan variación en los resultas. El problema con estos resultados es que están sujetos a la interpretación de los colores por parte del experimentador, entonces posiblemente siempre pueda haber una pequeña variación.

Con base en estos resultados es válido decir que el método de tratamiento de madera con boratos presenta una mayor difusión en la madera blanda –pino- que en la madera duro o semidura –ciprés- ya que todos los resultados tanto de la prueba colorimétrica como de adsorción de boratos muestran una inclinación hacia este tipo de madera.

Para los resultados de las pruebas microbiológicas se puede observar en las tablas 165 y 166 que se redujo significativamente la pérdida de peso entro los cubos tratados y los cubos no tratados. Debido a esto se puede decir que el tratamiento es efectivo contra el ataque de hongos. Este resultado puede mejorarse en gran manera si se le aplica un fungicida a la madera antes del proceso de difusión –que es lo que recomienda la literatura- extendiendo mucho más la vida útil de la madera.

Utilizando estos se puede hacer una proyección a futuro y si en todo caso se pierde la misma cantidad de masa cada mes de vida de la madera, esto significaría que pasados 10 años la madera tratada únicamente con boratos y sin haber aplicado un fungicida habría perdido únicamente 5g aproximadamente. El problema con este tipo de datos es que no refleja las características que pierde la madera debido a este decrecimiento su masa. Por lo cual podría ser recomendable realizar un estudio de esfuerzo de tensión y de esta forma se podría tener una mejor idea de la eficacia del tratamiento.

Observando la Tabla 165 se puede ver que los cubos de albura de pino fueron lo que menor pérdida de peso sufrieron, lo cual era lo esperado debido a que según las pruebas colorimétricas fueron los que mejor adsorción y difusión de boratos presentaron. Por el contrario los cubos de duramen de pino y de ciprés sufrieron una perdida mayor comparado

con los cubos de albura de pino. Pese a que el cubo de duramen de tuvo un perdida másica mayor que el cubo de ciprés se debe notar que el cubo de duramen de pino contaba con un mayor peso inicial, entonces si se hace una relación porcentual, el cubo de duramen de pino perdió una menor cantidad de masa que el cubo de ciprés. Este resultado concuerda nuevamente con los datos obtenidos de la retención de boratos y de difusión de la prueba colorimétrica.

La única complicación que se presentó en las pruebas microbiológicas es la poca cantidad de datos, es decir, no se pudo trabajar en triplicado o por lo menos en duplicado. Esto tiene un efecto sobre la validez de los resultados, ya que no hay forma de comprobar o respaldar que esta tendencia vaya a ser siempre así. Entonces el estudio microbiológico puede dar una idea de cómo se pueden comportar los datos con las demás muestras. Estas afirmaciones son validas para los cubos de duramen de pino y los cubos de ciprés, ya que para los cubos de albura de pino si se logro trabajar en duplicado.

En cuanto al precio del método de impregnación con boratos, se puede observar en la tabla 161 que para una solución al 32%, el costo aproximado de tratar un pie tablar es de Q0.45. Este precio es únicamente tomando en cuenta el costo de los boratos utilizados para la elaboración de la solución (Figura 471, y 472), es decir, este precio no incluye ni costos fijos ni variables debido a que no se contaba con la información necesaria para un estudio más amplio. Este precio se puede comparar con el de tratar un pie tablar por el método de impregnación con CCA. Para obtener un costo aproximado de tratar un pie tablar con CCA se debe tomar en cuenta lo siguiente: primero que un pie tablar de madera tratada con CCA tiene un precio aproximado de Q7, y segundo que el costo aproximado de un pie tablar sin tratamiento oscila los Q5. Por lo tanto, haciendo una sencilla resta se puede saber que el tratamiento con CCA cuesta alrededor de Q2. Ahora bien, asumiendo que estos Q2 tienen implícitos un 100% de sobrevaluación para que la industria pueda cubrir ciertos costos. Teniendo en cuenta todos los datos anteriores se llega a la conclusión que el costo aproximado de la materia prima para el método de impregnación con CCA es de Q1. Ahora se puede hacer una comparación aproximada de los costos entre un tratamiento y el otro, en conde utilizar el método de tratamiento con boratos puede significar una ahorro de aproximadamente Q0.55 por pie tablar con lo cual, a la hora de implementarlo a nivel industrial, puede significar mucha más utilidades y podría justificar una inversión en nueva tecnología para implementar de mejor manera el método de impregnación con boratos.

Con base en todos estos resultados y como una opinión personal, se cree que es posible y factible empezar a realizar un cambio en los métodos de impregnación de madera a nivel

nacional. Esta afirmación se hace primero considerando los factores climáticos en Guatemala. Se considero la humedad de la región la cual oscila entre 73-77% anual con lo cual se puede obtener con relativa facilidad manera verde, sin la preocupación que vaya a perder mucha humedad en el ambiente. Esto es importante ya que el método de difusión mejora mientras mayor sea la humedad de la madera. Por otro lado, la temperatura y las horas de brillo solar que se mantienen en Guatemala ayudan en cierta forma el proceso de tratamiento con boratos ya que se cuenta con las condiciones adecuadas para el secado y el almacenamiento de la madera durante el proceso de difusión. Por otro lado, los días de lluvia en Guatemala, en promedio son 150, lo cual es relativamente favorable para la madera tratada con boratos ya que de esta forma se reduce un poco la probabilidad de que suceda lixiviación.

Lo que se debe tener en cuenta, es que la finalidad de tratar la madera de pino con el método de impregnación con boratos es el de exportar madera. Entonces, podría seleccionarse países o regiones de exportación donde el clima se seco y llueva poco para así evitar la lixiviación de los boratos y mantener la vida útil del tratamiento. Además, el problema de lixiviación se puede reducir aplicando algún tipo de sellador o pintura a la madera. Entonces con estas condiciones y sabiendo que la impregnación de madera con boratos es aceptado para la exportación, el mercado de madera en Guatemala se podría ampliar y se le agrega una mayor cantidad de valor agregado.

43. GUIA DE BUENAS PRÁCTICAS EN IMPREGNACIÓN DE MADERA CON BORATOS (SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL)

43.1 Propósito

Establecer un procedimiento estándar para la utilización y manejo de boratos que influyen en el proceso de impregnación de madera, con el fin de garantizar el manejo seguro y el cumplimiento de los parámetros preestablecidos, previniendo riesgos operacionales y minimizando la transferencia de contaminantes hacia el medio ambiente derivados del proceso de impregnación.

43.2. Alcance

La Guía de Buenas Prácticas en Impregnación de Madera con Boratos está dirigida al sector industrial nacional y pretende colaborar con el desarrollo de la gestión empresarial mediante la incorporación de un procedimiento estándar para impregnación de madera.

43.3. Caracterización del preservante

43.3.1. Perfil toxicológico de Borato:

Los preservantes de madera tipo Boratos son una mezcla de Boro y otros compuestos. Se producen cerca de 14 tipos diferentes de preservantes a base de Boro. Entre los más utilizados dentro de industria maderera encuentra el Ácido Bórico y el Bórax ($B_4Na_2O_7$).

El Bórax y el Ácido Bórico se presentan de forma granular y en polvo. La exposición a los boratos puede causarse por inhalación de polvos o contacto con la solución preservante de boratos.

La composición del preservante pude variar dependiendo del fabricante, en este caso se muestran los niveles mínimos y máximos según Minera Santa Rita S.R.L. La mezcla de

Bórax en forma granular contiene 36.5 % de óxido de boro (B_2O_3) mínimo, 16.3% de Na_2O mínimo, 0.003% de Hierro (Fe^{3+}) máximo, 0.1 % de Sulfatos (SO_4^-) máximo y 0.1% de cloritos (Cl^-) máximo. El ácido bórico se presenta en polvo o granular. La mezcla en polvo de ácido bórico está compuesta por 56.25% de óxido de boro (B_2O_3) mínmos, 0.095% de Sulfatos (SO_4^-) máximos y 0.07% de cloritos (Cl^-) máximo y la mezcla granulada de ácido bórico contiene 56.50% de óxido de boro (B_2O_3) mínimo, 0.06% de Sulfatos (SO_4^-) máximo y 0.05% de cloritos (Cl^-) máximo.

En general, los niveles mínimos utilizados para la preservación de madera son de 56% de óxido de boro.

Los boratos se consideran peligrosos por tener como compuesto principal al boro. Más específicamente óxido de boro, componente que se encuentra en mayor proporción en la mezcla. Los efectos asociados a este producto pueden diferir de los esperables para la exposición al boro aislado. Sin embargo, los efectos respecto a los boratos se encuentran ligados con la información sobre su componente principal, boro.

En el perfil toxicológico describiremos los efectos de la mezcla con énfasis en los aspectos particulares del boro.

Los boratos se usan para preservar madera, como plaguicidas y retardadores de llamas. También posee otros usos industriales como lo son el curtido de cueros, fabricación de vidrio, cosmético, material de fotografía, jabones, blanqueadores, detergentes y en combustibles de alta energía. En este manual nos enfocaremos en la aplicación como preservante de madera.

Los boratos como preservante de madera son considerados de menor efecto toxico que muchos otros encontrados en la industria como lo son la creosota y el ACC.

La exposición al boro ocurre en el trabajo o por el uso de ciertos productos de consumo, teniendo repercusiones al contacto o inhalación. Esta sustancia se ha encontrado en por lo menos 142 de los 1,416 sitios de la Lista de Prioridades Nacionales identificados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA). (ATSDR, 2010)

En cuanto al polvo de madera tratada, se han encontrado niveles variables de boro. Existe algún riesgo de aspiración de polvo de madera acerrada tratada, se expone sobre todo

al boro en la madera. Por otra parte, si bien este documento no se refiere a polvo de madera, es destacable que el polvo de madera por si mismo tiene efectos tóxicos.

43.3.2. Vías de contacto e ingreso al organismo: Las principales vías de contacto e ingreso al organismo son la piel, las muscosas y la vía respiratoria.

43.3.2.1. La vía respiratoria: La vía respiratoria resulta una vía de ingreso de mayor en proporción a lo que llega a los pulmones. Es el principal riesgo en el proceso de mezclado debido a nos referimos a polvos y granulos. En la preparación de la mezcla en seco previa a la disolución se pueden inhalar polvos. En este caso los componentes del Boratos no son volátiles.

En el proceso de maquinado se considera como un riesgo a las vías respiratorias la exposición al polvo de madera tratada durante el maquinado y el polvo de superficies contaminadas si hay barrido o por acción de viento.

Por la vía respiratoria, este producto tiene efecto tóxico directo por contacto con la piel y las mucosas.

43.3.2.2. La vía cutánea: Se considera secundaria la exposición cutánea, en el proceso de realización de dilución de mezcla de ácido bórico y bórax; al exponerse con superficies contaminadas con el producto debido a pequeñas perdidas o derrames.

La exposición cutánea puede ocurrir también en el proceso de impregnado, si la impregnación es por presión puede existir riesgo de contacto en caso de fuga o residuos dentro de la cámara. En caso de impregnación por brocha o aspersión puede ser contacto directo del preservante con la piel en el momento de la aplicación.

En la fase de la extracción de la madera de la cámara de absorción puede existir exposición cutánea, por el exceso de preservante en la madera o con residuos de la madera.

43.3.2.3. La vía digestiva: La exposición por vía digestiva se considera menor y ocurre solamente si hay manipulación de alimentos bebidas o cigarrillos en zonas de trabajo o con las manos sucias. La ingestión puede ocurrir si hay trayecto mano-boca luego de manipular la madera recientemente tratada o las superficies contaminadas.

Fumar, comer, tomar o beber en el lugar de trabajo o en el entorno inmediato es el riesgo principal. La ingestión accidental puede ocurrir si existe trasvase a recipientes que pueden ser confundidos con bebidas. Esta vía puede contribuir a la contaminación ya que el 90% de lo que lleva a la vía digestiva se absorbe.

43.3.3. Como medir la exposición a los boratos: La vía de eliminación de los boratos es a través de transformaciones metabólicas y eliminación urinaria. Estos metales aparecen en la orina en plazos cortos luego de la exposición y decaen en pocos días luego de cesar la exposición. La medición refleja la exposición de los 3 a 5 días anteriores.

Otra forma de medir la exposición al boro es la realización de exámenes de sangre luego de la exposición al preservante.

43.3.3.1. Boro: El boro es un compuesto que ocurre en forma natural. Es el elemento número 51 más común encontrado en la corteza terrestre y se encuentra en una concentración media de 8 mg/kg (aproximadamente 0,0008%). (ATSDR, 2011)

En medio acuoso el óxido de boro se transforma rápidamente en ácido bórico y, depende del pH del medio para sales de borato. La dosis equivalente de boro se puede calculara al multiplicar las dosis reportadas por un factor de ajuste sobre la relación entre la masa molar del boro en un compuesto dado a la masa molar total. Por lo tanto, los factores de ajuste para las dosis son: 0,175 para el ácido bórico, 0.113 para borato disódico decahidratado, 0.151 de borato disódico pentahidratado, 0.215 de borato anhidro y 0.155 para el óxido de boro. (ATSDR, 2011)

Las concentraciones de boro en la orina de la población en general deben encontrarse en un rango de 0.07 a 0.66 μg/100mL. Los niveles normales de boro en la sangre de niños y bebes están en un rango de 0 a 1.25 μg/mL. (ATSDR, 2011)

El boro no puede ser destruido en el ambiente. Solamente puede cambiar de forma o adherirse o separarse de partículas en el suelo, el sedimento y el agua. La concentración de ácido bórico en pesticidas o preservantes puede encontrarse en 5- 100%. (ATSDR, 2011)

43.3.4. Los efectos tóxicos de los Boratos:

43.3.4.1. Exposición aguda o corta duración: La intoxicación aguda laboral por exposición por inhalación, ingestión o cutánea accidental puede ocurrir en situaciones de derrame o trabajo en ambiente confinado sin protección. La duración aguda a exposición de 0.44-3.1 mg boro/m^3 de polvo de borato de sodio (bórax) produce leve irritación de los ojos, garganta y nariz, así como la tos y dificultad para respirar. En trabajadores fumadores existe una disminución de volumen espiratorio forzado. (ATSDR, 2011)

En caso de intoxicación oral con ácido bórico puede tener efectos de degeneración de las células del hígado, riñones y cerebro.

Los síntomas iníciales y las medidas de primeros auxilios en planta cuando ocurre una exposición aguda se describen en el **Anexo 1** (Hoja de Salud y Seguridad).

43.3.4.2. Exposición crónica o repetida:

43.3.4.2.1. Exposición por vía respiratoria: El boro inhalado se absorbe y se absorbe y se distribuye de forma sistemática, sangre y orina. Los síntomas de irritación de las vías respiratorias son causados de la exposición de óxido de boro y polvos de ácido bórico.

Los estudios ocupacionales de los trabajadores expuestos al polvo de boratos de sodio, se han identificado una irritación del tracto respiratorio y los ojos, sin cambios medibles en la función pulmonar. En caso de exposición de boratos de sodio en áreas con concentraciones de polvo de 1.8 y 3.1 mg boro/m^3, se han presentado síntomas de irritación respiratoria, como la sequedad de la boca, la nariz o la garganta, tos seca, sangrado nasal, y dolor de garganta.

43.3.4.2.1.1. En el sistema reproductor: Los hombres expuestos a ácido bórico expuestos a tienen recuento bajo de espermatozoides, la motilidad espermática reducida, y el contenido de fructosa elevada de los fluidos seminales. La exposición de bórax se encontraron tasas de fertilidad de los trabajadores más altas que el promedio nacional de los EE.UU. (ATSDR, 2011)

43.3.4.2.1.2. Exposición por vía digestiva: Congestión vascular y hemorragias en los pulmones se con una dosis estimada de 505 mg / kg de boro por día durante 3-5 días (Wong et al. 1964)

43.3.4.2.1.3. En el sistema cardiovascular: La ingestión de 85 mg boro / kg (30 g de ácido bórico) en personas mayores causa hipotensión cardiopulmonar y la muerte por insuficiencia cardiaca.

43.3.4.2.1.4. En el sistema gastrointestinal: La exposición por ingestión de ácido bórico causa náuseas, vómitos persistentes, diarrea y dolor abdominal de tipo cólico.

43.3.4.2.1.5. En el hígado: El hígado es sensible al contacto con el boro provocando congestión y disminución de grasa y degeneración parenquimatosa.

43.3.4.2.1.6. En la piel: Efectos sobre la piel ocurren después de la ingestión de boro (como ácido bórico), dermatitis exfoliativa extensa iniciando como un eritema en las palmas, plantas y glúteos. Con el tiempo se produjo inflamación, descamación masiva y desprendimiento.

43.3.4.2.2. Exposición vía cutánea: La exposición cutánea por derrames o limpieza de ácido bórico o bórax, presenta alopecia general o central en el cuero cabelludo. También produce irritación y enrojecimiento al contacto directo con la piel.

Análisis de muestras de sangre no revelaron niveles elevados de boro en cualquiera de los temas. No existen estudios en relación con efectos cardiovasculares, gastrointestinales, hematológicos, renales en los seres humanos después de la exposición cutánea de boro.

43.3.4.2.2.1. En contacto ocular: La exposición por contacto con los ojos produce irritación, si se tiene contacto continuo puede causar conjuntivitis.

43.3.5. Aspectos normativos. Límites de referencia ambiental:

Bajo la Ley Federal de Insecticidas, Fungicidas y Rodenticidas (FIFRA) el óxido de boro,

ácido bórico, bórax, tetraborato de sodio y están exentos de las tolerancias de plaguicidas químicos en los alimentos, también aparecen como inertes de toxicidad desconocida en la lista por categorías de la EPA de los ingredientes de los pesticidas (EPA, 2004).

A nivel nacional, Guatemala no cuenta con una ley o normativa que prohíba el uso de boratos, o mencione su regulación.

El Código de Salud, Decreto 90-97, contiene regulaciones sobre los aspectos de saneamiento básico y aspectos concernientes a salubridad en el trabajo. De forma general el Decreto 35-95, convenio OIT sobre la protección de los Trabajadores contra los riesgos profesionales debidos a la contaminación del aire, el ruido y las vibraciones en el lugar de trabajo, menciona el manejo y uso de sustancias químicas.

43.3.5.1. Limites de referencia ambiental: Agency for Toxic Substance and Disease Registry (ATSDR) ha derivado niveles mínimos de riesgo (MRL-Minimal Risk Level) de inhalación aguda de duración de 0.3 mg/m^3 para el boro. Este MRL se basa en un nivel de exposición sin efectos adversos observados (NOAEL) de 0.8 mg boro/m^3.

Para el aire, según la American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH) los valores límite de exposición de bórax o ácido bórico durante 8 horas es de 2mg/m^3 y 10mg/m^3 para el óxido de boro; la exposición de bórax o ácido bórico a corto plazo, 15 minutos, es de 6mg/m^3.

Según el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) la exposición limite recomendada de Bórax durante 10 horas es de 5mg/m^3 y óxido de boro 10mg/m^3.

Según la Occupational Safety and Health Administration (OSHA), estableció un límite de exposición permisible para la industria que trabaja polvo de óxido de boro de 15mg/m^3 de aire durante jornadas de 8 horas diarias, 40 horas semanales.

Según la asociación americana de preservadores de madera, Wood Protection Association (AWPA), se especifica que la retención debe ser de 2.7 kg/m^3 de óxido de boro

(B_2O_3). Los boratos se han registrado como sustancias preservadoras de madera en la Agencia de Protección del Medioambiente. (AITIN, 2010)

43.3.6. Mapa de riesgos. Exposición laboral en el proceso de impregnación de madera con boratos:

Las circunstancias de mayor riesgo o críticas de exposición de los trabajadores a los Boratos, ocurren durante el proceso de elaboración de la mezcla y tratado de la madera. Y maquinado de madera tratada si se llegara a realizar.

43.3.6.1. En el proceso de elaboración de mezcla

- Durante el vertido del ácido bórico y el bórax al tanque de mezclado.
- Durante el mezclado en seco de el ácido bórico y el bórax.
- Durante la dilución de la mezcla de boratos con agua caliente, al agregar los boratos al agua podría levantarse polvo.

43.3.6.2. En el proceso de impregnación de madera:

La madera puede ser tratada de cuatro distintas formas: brocha, aspersión, inmersión sin presión e inmersión con presión. El más utilizado en la industria para la impregnación de madera es el método de inmersión con presión.

43.3.6.2.1. Tratamiento por brocha

- Durante la manipulación de los tanques con el producto concentrado.
- En la limpieza final de tanques de preservante, sobre todo cuando no utilizan el sistema de inyección de agua, dejando envases con la solución concentrada.
- Derrames accidentales durante el transporte de tanques.
- En la impregnación puede existir goteo de la madera y posible contacto directo con la solución preservante.
- Durante la manipulación de la madera recientemente tratada, por goteo desde la madera.
- Durante las tareas de limpieza de la zona de trabajo. Puede haber contacto directo con algún área que contenga residuos de preservante. De igual forma puede ocurrir inhalación de polvo contaminado durante el barrido o limpieza en seco de las áreas próximas a la zona de tratamiento (incluso las áreas de descanso) o debido al viento que levanta polvo contaminado desde el suelo.
- Manejo de residuos sólidos.

43.3.6.2.2. Tratamiento por aspersión

- Durante la manipulación de los tanques con el producto concentrado.
- En la limpieza final de tanques de preservante, sobre todo cuando no utilizan el sistema de inyección de agua, dejando envases con la solución concentrada.
- Derrames accidentales durante el transporte de tanques.
- Especialmente presenta riesgo el impregnado, la aspersión de madera con solución preservante, el viento puede causar contacto directo con los boratos.
- Durante la manipulación de la madera recientemente tratada, por goteo desde la madera.
- Durante las tareas de limpieza de la zona de trabajo. Puede haber contacto directo con algún área que contenga residuos de preservante. De igual forma puede ocurrir inhalación de polvo contaminado durante el barrido o limpieza en seco de las áreas próximas a la zona de tratamiento (incluso las áreas de descanso) o debido al viento que levanta polvo contaminado desde el suelo.
- Manejo de residuos sólidos.

43.3.6.2.3. Tratamiento inmersión con presión

- Durante la manipulación de los tanques con el producto concentrado.
- Durante la preparación del producto y conexiones con el circuito de alimentación del autoclave.
- En la limpieza final de tanques de preservante, sobre todo cuando no utilizan el sistema de inyección de agua, dejando envases con la solución concentrada.
- Derrames accidentales durante el transporte de tanques, o por roturas del circuito de alimentación o vaciado de la autoclave.
- Durante la apertura del autoclave.
- Durante la descarga de la madera tratada por goteo desde la madera y desde las vagonetas donde queda retenido. Especialmente si hay problemas con el cable, los rieles o las vagonetas y hay que manipularlos o empujar la carga.
- Durante la manipulación de la madera recientemente tratada.
- Durante la manipulación de piezas o sectores del equipo en tareas de mantenimiento o reparación.
- Especial riesgo presenta las tareas de limpieza de la autoclave, cuando implica el ingreso al cilindro para retirar el residuo sólido durante la manipulación de lodos contaminados.
- Durante la limpieza de las piletas de contención y tanques de la solución.

- Durante las tareas de limpieza de la zona de trabajo. Puede ocurrir inhalación de polvo contaminado durante el barrido o limpieza en seco de las áreas próximas a la zona de tratamiento (incluso las áreas de descanso) o debido al viento que levanta polvo contaminado desde el suelo.
- Manejo de residuos sólidos.

43.3.6.2.4. Tratamiento por inmersión sin presión: El tratado por inmersión sin presión presenta los mismos riesgos de exposición que la inmersión con presión, eliminando el riesgo que se da al imprimir vació porque no se trabaja con presión.

43.3.6.3. El proceso de maquinado de madera tratada: Este proceso constituye una circunstancia de riesgo particular por la inhalación de polvo de madera tratada cuando se realiza corte o cepillado de la madera barrido de polvo en zonas de carpintería.

43.3.6.4. Factores de riesgo asociados: Esta exposición puede verse agravada por las condiciones de trabajo en cuanto a carga física y temperatura.

En todos los casos en que se realiza un esfuerzo físico (empujar, limpiar, barrer, reparar piezas, cargar tablas) aumenta la ventilación pulmonar y aumenta el calor de la piel, lo cual aumenta la absorción por vía respiratoria y cutánea.

Si se trabaja al aire libre y en zonas techadas, en verano la temperatura puede aumentar los suficiente como para aumentar, por si sola, la absorción respiratoria y cutánea de los contaminantes. En caso de trabajar al aire libre la impregnación por aspersión pueden causar contacto directo por corrientes de viento asociadas con el clima.

Otros factores de riesgos asociados en el proceso de la madera incluyen la postura de trabajo y esfuerzos repetitivos que aumentan el riesgo de afecciones musculo esqueléticas y de columna vertebral, como lo son el cargar la madera o movilizar los reactivos a los tanques, etc.

43.3.7. Medidas de salud y seguridad: Los Boratos para uso de preservante de madera son poco tóxicos, a pesar de esto no están exentos de riesgos para la salud de los operarios por completo, por lo que se requerirán igualmente exigentes medidas de higiene y seguridad laboral.

El uso de formulación de ácido bórico y bórax granulado reduce la exposición por inhalación de polvos. Disminuyendo el riesgo sobre todo en las etapas de elaboración de mezcla seca, almacenamiento y manipulación inicial del producto hasta la formulación de la preparación diluida.

Las medidas de salud y seguridad en el uso de Boratos durante la impregnación de madera requieren la coordinación de tres tipos de acciones de control. En el presente documento se propone evaluar las siguientes:

43.3.7.1. Medidas de ingeniería, diseño y mantenimiento

- Transporte y almacenamiento de boratos de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y la hoja de seguridad.
- Programa de mantenimiento del equipo, asegurando su funcionamiento efectivo como circuito cerrado y evitando la insistencia de pequeños escapes.
- De ser posible, colocar extractores o filtros en cuartos donde se forme acumulación de polvos, como cuarto de mezclado.
- Explorar las medidas posibles para aumentar la efectividad de la etapa de vacío final a efectos de evitar o minimizar el goteo posterior de la madera tratada.
- Establecer medidas efectivas para evitar la generación de polvos o extraerlos en forma segura, durante el proceso de realización de mezcla de boratos.
- De ser posible, instalar apertura automática del autoclave a distancia.
- Plan de mantenimiento del sistema de rieles de carga y descarga para asegurar un buen rodamiento de las vagonetas evitando tener que empujar o destrabar la carga mojada.
- Establecer un procedimiento para la limpieza de la autoclave, contando con equipo adecuado para que el ingreso a la autoclave sea seguro.
- Asegurar la presencia de sumideros en las piletas de contención para permitir la evacuación del líquido y mantenerlas siempre vacías, disminuyendo la probabilidad de contactos involuntarios.
- En caso de impregnación por aspersión, contar con un lugar adecuado de trabajo para evitar residuos expuestos y así la exposición por contacto e inhalación.
- En el maquinado de madera realizar aspiración localizada durante las operaciones de corte o cepillado para evitar dispersión de polvo.
- En el maquinado de madera establecer mecanismos de limpieza por aspiración en la zona de trabajo o si es posible, la limpieza en húmedo para evitar la generación de polvo.

- Plan de diseño y adecuación ergonómica de los puestos de trabajo. El diseño de los puestos de trabajo debe atender los aspectos de posturas y área comoda en caso de que existan movimientos repetitivos o esfuerzo. En este sentido se recomienda utilizar como guía el Convenio 132 de OIT.
- Proporcionar equipo adecuado para operarios que realicen esfuerzos de traslado, levantamiento de peso y movimientos repetidos.
- Plan de gestión de residuos.

43.3.7.2. Medidas administrativas o de organización del trabajo

- Realizar procedimientos con la descripción de tareas y definición de la responsabilidad del personal que trabaja en zona de impregnación.
- Señalizar las áreas de proceso de mezclado e impregnación.
- Colocar los pictogramas de peligro del producto de Borato en los tanques y en la zona de tratamiento, de modo que sean visibles.
- Colocar carteleras que especifiquen la prohibición de fumar, comer o tomar mate en el área de trabajo.
- Tener disponible la Hoja de Salud y Seguridad en las zonas de trabajo.
- Realización de capacitaciones continuas (al ingreso y mínimo vez al año) con los trabajadores de la planta. Para promover una cultura de salud y seguridad laboral en los trabajadores y empresas.
- Establecer espacios de comunicación e intervención permanente con los trabajadores, para revisión continua del funcionamiento del proceso, mediante intercambio de información sobre situaciones de riesgo especial o cambios a realizar. En este sentido se recomienda seguir las recomendaciones del Convenio155 de OIT.
- Distribuir el horario de trabajo de acuerdo a las normativas vigentes evitando una carga horaria mayor a 8 horas diarias y 40 horas semanales, que pueda causar efectos secundarios en los empelados.
- Deberá realizarse un registro de control específico. Si durante una o mas jornadas se trabaja más de 8 horas, se disminuirá el horario en las jornadas siguientes de manera de no sobrepasar las 40 horas semanales. Las medidas de protección e higiene deberán ser máximas.
- En épocas de calor, se recomienda en lo distribuir el trabajo en horas de calor o realizar periodos de descanso especiales. Y proveer de agua fresca a los trabajadores en zona de descanso, evitando su almacenamiento en zona de tratamiento.
- Debido a la potencial toxicidad sobre el desarrollo fetal se recomienda que las mujeres embarazadas no sean asignadas al proceso de impregnación de madera.

43.3.7.3. Medidas de higiene personal

- La principal medida de protección es la prevención mediante la aplicación de medidas de buenas prácticas y la adecuada gestión de riesgos.
- El personal deberá tener una gestión adecuada de la ropa de trabajo y los implementos de protección de manos, ojos y vía respiratoria.
- El establecimiento dispondrá de un vestuario con baño y ducha. Los vestuarios con casilleros que permitan separar la ropa de calle de la de trabajo y la disponibilidad de ducha se consideran un requisito mínimo indispensable acorde con el Decreto 90-97.
- Se recomienda como medida de máxima eficacia, la disponibilidad de un vestuario con tres áreas:
  * Ingreso en zona limpia donde se deja la ropa de calle y colocación de ropa de trabajo limpia.
  * Salida pasando por zona de vestuario sucio donde se deja la ropa sucia y se accede a la ducha.
  * Luego de la ducha se pasa al vestuario de ropa limpia.
- La ropa debe lavarse como mínimo una vez a la semana y deberá ser el propio trabajador el que la coloque en la máquina lavadora. La ropa de trabajo, no deberá salir del establecimiento.
- Si ocurre un derrame y se moja la ropa con el producto concentrado o diluido, el trabajador detendrá su tarea (o completará la operación si esta evita mayores derrames), se retira al vestuario a ducharse y cambiarse de ropa. La ropa deberá ser colocada de inmediato en la lavadora.
- El establecimiento deberá disponer de una zona de descanso y comedor con acceso a una pileta para lavado de manos y cara. El área de descanso deberá estar alejada de la zona de impregnación y estará prohibido ingresar con implementos de trabajo.

43.3.7.4. Elementos de protección individual:

Los equipos de protección individual están orientados a evitar la inhalación, el contacto cutáneo y la salpicadura de ojos de los trabajadores. Su utilización es obligatoria durante los procesos y operaciones consideradas de riesgo. Mas detalles están disponibles en el Anexo 1. Ficha de salud y seguridad.

Si las medidas de ingeniería e higiene se cumplen correctamente el uso de la indumentaria especial no será imprescindible durante todo el ciclo de trabajo. Los diferentes

tipos de implementos de seguridad deberán estar disponibles en los lugares definidos como de especial cuidado.

Dentro del la indumentaria necesaria esta:

- La ropa de trabajo debe ser un overol de manga larga.
- El calzado debe ser botas industriales con punta de acero.
- Durante las estaciones cálidas (temperatura mayor a 25ºC –con 60% o más de humedad): la ropa debe ser de tela liviana, de color claro y fácilmente lavable. No necesariamente impermeable.
- Delantal largo de material impermeable durante la operación de descarga de vagonetas y manipulación de maderas recién tratadas.
- Uso de equipo totalmente impermeable para las operaciones de limpieza de la autoclave, tanques y pileta de contención.
- Durante la manipulación de los tanques, cualquier parte del sistema de impregnación o de la carga, deberá utilizarse guantes de goma con manga larga para proteger antebrazos. Los guantes pueden ser de neopreno, nitrilo o PVC con un grosor de 2mm o mayor para asegurar resistencia a las roturas.
- Durante etapas del proceso donde puede haber salpicaduras oculares deben utilizarse gafas de protección.
- En el proceso de elaboración de mezcla es necesario la utilización de mascarilla y lentes de seguridad.
- Cuando los controles de ingeniería no aseguran que se trabaja por debajo de los valores de referencia admisibles en el aire deben utilizarse respiradores bajo un programa de protección respiratoria.
    * El programa debe incluir la capacitación en el uso y mantenimiento de la protección personal.
    * El programa debe incluir la valoración de aptitud del trabajador para el uso de protección personal.
    * Las máscaras de protección respiratoria deberán tener filtros con una eficiencia de al menos el 95% (N95). El filtro tiene eficacia solamente hasta 10 veces el valor límite de exposición ocupacional (Occupational Exposure Limits-OEL) el Valor de referencia de NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health).
    * La máscara de cara completa con cartuchos es una buena opción cuando se requiere proteger cara y ojos y los cartuchos de filtro tienen una durabilidad mayor. Su uso es indispensable en las operaciones de ingreso a la autoclave.
    * La durabilidad de la protección respiratoria depende de los niveles de contaminación, la intensidad de su uso (tiempo en la jornada y ventilación del

operario) y su mantenimiento. Estimando y estableciendo tiempo promedio ajustado a la percepción del operador. En general el fin de su efectividad se establece cuando el trabajador comienza a sentir dificultad o esfuerzo para respirar. Esta percepción refleja la saturación del filtro.

- El Mantenimiento de elementos de protección personal:
  - * Overol, delantal, guantes y gafas pueden permanecer en la zona de trabajo (o área de descanso) durante el ciclo de trabajo dentro de un casillero, o espacio suficientemente separado del proceso y al mismo tiempo a mano del operario.
  - * La Máscara respiratoria es de uso individual. Mientras no está en uso debe colocarse en un sobre, estuche o bolsa para asegurar que no se contamine internamente.

Tabla 167: Equipo de protección para proceso de impregnación de madera con boratos

Proceso	Ropa	Delantal	Equipo impermeable	Lentes	Guantes	Protección respiratoria
Preparación de solución Boratos	Obligatorio	Obligatorio		Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Manipulación de tanques de solución	Obligatorio	Obligatorio		Obligatorio	Obligatorio	
Conexión con autoclave	Obligatorio	Obligatorio		Obligatorio	Obligatorio	
Limpieza de tanques	Obligatorio	Obligatorio		Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Apertura de la autoclave	Obligatorio	Obligatorio		Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Descarga de la autoclave	Obligatorio	Obligatorio		Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Tareas de mantenimiento de la autoclave	Obligatorio			Obligatorio	Obligatorio	
Limpieza de la autoclave	Obligatorio		Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Limpieza de derrames	Obligatorio		Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Limpieza de área de trabajo	Obligatorio		Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Maquinado de madera	Obligatorio			Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Aplicación por brocha o aspersión de madera	Obligatorio	Obligatorio		Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio

43.3.8. Vigilancia de los trabajadores expuestos: La Vigilancia médica tiene dos componentes esenciales: monitoreo biológico de los contaminantes y evaluación clínica del los trabajadores.

Ambas actividades de vigilancia son complementarias debido a que el boro abandonan el cuerpo en unos días y los análisis de orina o sangre no puede determinar si hubo exposición en el pasado, tomando en cuenta que muchos de los efectos tóxicos ocurren por contacto y no por absorción.

De acuerdo al proceso y número de trabajadores del establecimiento, se plantea un programa de vigilancia con recursos locales entrenados, con identificación de centros de referencia de nivel especializado.

43.3.8.1. Criterios a seguir para la vigilancia: Todos los trabajadores expuestos a bórax o ácido bórico por encima de 2mg/m^3 a 5mg/m^3, durante más de 8 horas diarias, más de 30 días al año deben ser coordinados para vigilancia médica regular.

Los trabajadores con vigilancia médica regular podrían ser:

- Trabajadores asignados para la elaboración de mezcla de boratos.
- Trabajadores asignados a las tareas de carga, descarga y funcionamiento de la autoclave de impregnación de madera.
- Quienes realizan el mantenimiento regular del equipamiento.
- Trabajadores asignados a la limpieza del área de trabajo.
- Los trabajadores asignados a las tareas de maquinado de madera tratada.
- Para la impregnación por aspersión, los trabajadores encargados de la impregnación de la madera.

En el caso de trabajadores asignados a otras tareas y que por causas puntuales o accidentes hayan estado expuestos a los boratos, se les realizara un chequeo médico. En este caso serán incluidos en forma transitoria.

43.3.8.2. Plan de monitoreo biológico: Se realizará un monitoreo anual a los empleados, dosificando Boratos en la orina y sangre para luego realizar análisis. No es necesario monitoreo continuo debido a la baja toxicidad de los Boratos.

La muestra de orina deberá tomarse luego de por lo menos tres días de trabajo normal, por lo que se recomienda realizarla al final de la última jornada semanal. No día lunes o luego de períodos de descanso.

La técnica recomendada para la determinación de Boratos por orina, es el análisis por espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente. El análisis de sangre es realizado por método colorimétrico. (ATSDR, 2011)

43.3.8.2.1. Medidas de intervención de acuerdo a resultados: Los resultados del monitoreo biológico deben ser realizados en cumplimiento del Decreto 90-97 e informados a la autoridad sanitaria: Departamento de Salud Ambiental y Ocupacional del Ministerio de Salud, con la periodicidad que ésta indica en la guía.

- Si los valores están por debajo del valor de referencia, se realizará nuevo control en 12 meses.
- Si los valores están en el límite o por encima del valor de referencia:
  * Retirar al trabajador del proceso de impregnación de madera.
  * Revisar y ajustar medidas de prevención de acuerdo a las recomendaciones de la guía.
  * Realizar evaluación médica en 2 semanas. El trabajador volverá a sus tareas si la evaluación médica no encuentra alteraciones y los valores urinarios están por debajo de los límites de referencia.

43.3.8.3. Programa de vigilancia medica: Independientemente de los niveles dosificados en orina se realizará un examen médico protocolizado como mínimo cada dos años (Anexo 3 Protocolo y Guía de Historia Clínica).

El examen médico se realizará siempre que se superen los valores de referencia de boratos. El examen médico se realizará en forma no programada luego de cualquier accidente con el producto o frente a sintomatología sospechosa de intoxicación.

El examen médico incluye historia clínica y examen médico protocolizado orientada a detectar efectos clínicos y exámenes complementarios orientados a detectar alteraciones

preclínicas: hemograma completo, orina, funcional hepático y los que el médico determine de acuerdo a su observación clínica.

Es recomendable que el programa de vigilancia médica se realice en forma integral por médicos entrenados en salud ocupacional.

En este sentido se recomienda como guía el Convenio 161 de la OIT sobre servicios de salud en el trabajo.

43.4. Hojas de salud y seguridad

43.4.1. Ficha de Merck ácido bórico

MERCK

100765 Ácido bórico

99.9999 Suprapur®

Para preguntas en general por favor contacte a nuestro Servicio de Atención al Cliente:

Merck KGaA
Frankfurter Str. 250
64293 Darmstadt
Germany
Teléfono: +49 6151 72-0
Fax: +49 6151 72 2000

22 septiembre 2011

Información sobre producto

Fórmula empírica (según Hill)	BH_3O_3
Fórmula químico	H_3BO_3
Número HS	2810 00 90
Número CE	233-139-2
Masa molar	61.83 g/mol
Número de índice CE	005-007-00-2
Número CAS	10043-35-3

Datos químicos y físicos

Solubilidad en agua	46.5 g/l (20 °C)
Punto de fusión	185 °C (descomposición)
Masa molar	61.83 g/mol
Densidad	1.51 g/cm^3 (20 °C)
Bulk density	400 - 600 kg/m^3
Valor de pH	3.7 (46.5 g/l, H_2O, 20 °C)
Presión de vapor	2.7 hPa (20 °C)

Información de seguridad de acuerdo a GHS

Hazard Statement(s)	H360FD: Puede perjudicar a la fertilidad. Puede dañar al feto.
Precautionary Statement(s)	P201: Pedir instrucciones especiales antes del uso. P308 + P313: EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Consultar a un médico.
Signal Word	Peligro
Hazard Pictogram(s)	
RTECS	ED4550000
Clase de almacenamiento	6.1B Sustancias no combustibles, toxicos
WGK	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Disposal	28 Soluciones acuosas: categoría D.

Información de seguridad

Frase R	R 60-61 Puede perjudicar la fertilidad.Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.
Frase S	S 53-45 Evítese la exposición - recábense instrucciones especiales antes del uso.En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta).
Características de peligrosidad	tóxico para la reproducción
Hazard Symbol	Toxic

Datos toxicológicos

LD 50 oral	DL50 rata 2660 mg/kg
LD 50 dérmica	DL50 rata > 2000 mg/kg

© Merck KGaA, Darmstadt, Alemania, quimicos(at)merck.com.gt, 2011

Fuente: MERK, 2011

Tabla 168: Efectos del ácido bórico

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICIÓN	PELIGROS/ SÍNTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
EXPOSICIÓN		Evitar la dispersión del polvo	
INHALACIÓN	Tos. Dolor de garganta.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
PIEL	¡PUEDE ABSORBERSE! Enrojecimiento. Puede ser absorbida a través de la piel dañada.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón. Proporcionar asistencia médica.
OJOS	Enrojecimiento. Dolor.	Gafas de protección de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
INGESTIÓN	Dolor abdominal. Convulsiones. Diarrea.Náuseas. Vómitos. Salpullido.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. Proporcionar asistencia médica.

Fuente: MERK, 2011

Tabla 169: Consideraciones tóxicas del ácido bórico

D A T O S I M P O R T A N T E S	**ESTADO FÍSICO; ASPECTO** Cristales incoloros o polvo blanco, inodoro. **PELIGROS QUÍMICOS** La sustancia se descompone al calentarla intensamente por encima de 100°C , produciendo agua y anhídrido bórico irritante. La disolución en agua es un ácido débil. Incompatible con carbonatos y hidróxidos alcalinos. **LÍMITES DE EXPOSICIÓN** TLV no establecido. MAK no establecido.	**VIAS DE EXPOSICIÓN** La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y por ingestión. **RIESGO DE INHALACIÓN** La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración molesta de partículas dispersadas en el aire. **EFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN** La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La sustancia puede causar efectos en el tracto gastrointestinal, hígado y riñones. **EFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA** El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana.

Fuente: MERK, 2011

43.4.2. Ficha de Merck borax

106309 di-Sodio tetraborato

anhidro 99.99 Suprapur®

Para preguntas en general por favor contacte a nuestro Servicio de Atención al Cliente:

Merck KGaA
Frankfurter Str. 250
64293 Darmstadt
Germany
Teléfono: +49 6151 72-0
Fax: +49 6151 72 2000

22 septiembre 2011

Información sobre producto

Synonyms	Borax
Fórmula empírica (según Hill)	$B_4Na_2O_7$
Fórmula químico	$Na_2B_4O_7$
Número HS	2840 11 00
Número CE	215-540-4
Masa molar	201.21 g/mol
Número de índice CE	005-011-00-4
Número CAS	1330-43-4

Datos químicos y físicos

Solubilidad en agua	25.6 g/l (20 °C)
Punto de fusión	742 °C
Masa molar	201.21 g/mol
Densidad	2.37 g/cm^3 (20 °C)
Bulk density	700 kg/m^3
Valor de pH	9.2 (25 g/l, H_2O, 20 °C)
Punto de ebullición	1575 °C (descomposición)
Presión de vapor	7.3 hPa (1200 °C)

Información de seguridad de acuerdo a GHS

Hazard Statement(s)	H360FD: Puede perjudicar a la fertilidad. Puede dañar al feto.
Precautionary Statement(s)	P201: Pedir instrucciones especiales antes del uso. P308 + P313: EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Consultar a un médico.
Signal Word	Peligro
Hazard Pictogram(s)	
RTECS	ED4588000
Clase de almacenamiento	6.1D Sustancias tóxicas no combustibles de toxicidad aguda cat. 3 o sustancia s con efectos crónicos
WGK	WGK 1 contamina ligeramente el agua
Disposal	3 Los reactivos orgánicos líquidos relativamente no reactivos desde el punto de vista químico se recogen en la categoría A. Si contienen halógenos se les asigna la categoría B. Residuos sólidos: categoría C.

Información de seguridad

Frase R	R 60-61 Puede perjudicar la fertilidad.Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.
Frase S	S 53-45 Evítese la exposición - recábense instrucciones especiales antes del uso.En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta).
Características de peligrosidad	tóxico para la reproducción
Hazard Symbol	Toxic

Datos toxicológicos

LD 50 oral	DL50 rata 1200 mg/kg
LD 50 dérmica	DL50 conejo > 2000 mg/kg

© Merck KGaA, Darmstadt, Alemania, quimicos(at)merck.com.gt, 2011

Fuente: MERK, 2011

Tabla 170: Efectos del ácido bórax

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICIÓN	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
EXPOSICIÓN		Evitar la dispersión del polvo	
INHALACIÓN	Tos. Dolor de garganta.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
PIEL	¡PUEDE ABSORBERSE! Enrojecimiento. Puede ser absorbida a través de la piel dañada.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón. Proporcionar asistencia médica.
OJOS	Enrojecimiento. Dolor.	Gafas de protección de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
INGESTIÓN	Dolor abdominal. Convulsiones. Diarrea.Náuseas. Vómitos. Salpullido.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. Proporcionar asistencia médica.

Fuente: MERK, 2011

Tabla 171 : Consideraciones tóxicas del bórax

D A T O S I M P O R T A N T E S	**ESTADO FÍSICO; ASPECTO** Cristales incoloros. **PELIGROS FISICOS** **PELIGROS QUÍMICOS** La sustancia se descompone al calentarla intensamente por encima de 400°C produciendo metaboratos. La sustancia es una base débil. **LÍMITES DE EXPOSICIÓN** TLV (como TWA): 5 mg/m^3 (ACGIH 1990-1991).	**VIAS DE EXPOSICIÓN** La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel (especialmente si la piel está dañada), y por ingestión. **RIESGO DE INHALACIÓN** La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo se puede alcanzar rápidamente una concentración molesta de partículas en el aire. **EFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN** La sustancia irrita las membranas mucosas y los ojos. La sustancia puede tener efectos sobre el hígado, los riñones y el sistema nervioso central cuando es ingerida. **EFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA** El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. La sustancia puede tener efectos sobre la piel por ingestión (erupciones eritematosas en la piel, dermatitis psoriásica). Puede producir disfunciones en la fertilidad.

Fuente: MERK, 2011

44. CONCLUSIONES

- Se adoptó la filosofía de diseño del estado límite último a través de la realización del manual de diseño de estructuras de madera referenciado al Eurocódigo 5.
- Se desarrolló una metodología de diseño para el uso de la madera como material estructural, considerando la particularidad de la madera (material anisotrópico) y sus características físico-mecánicas que la hacen distinta en comparación a los otros materiales constructivos utilizados en Guatemala como lo es el concreto y el acero.
- A través de ejemplos de cálculo se ilustró el procedimiento de diseño de miembros estructurales de madera sujetos a flexión, tensión, compresión y esfuerzos combinados.
- Se proveyó una descripción general de los tipos de conexiones en madera y los elementos que se requieren para su fabricación.
- La falta de información forestal que aborde las problemáticas de educación, aspecto politico-legal, industria, comercio, instituciones y conservación impiden el correcto desarrollo del sector forestal que alto potencial de desarrollo en productos de valor agregado.
- El estudio mercadológico y el diseño de planta muestran el potencial económico que tiene una plana de esta índole si se posiciona y mercadea adecuadamente el producto en el mercado objetivo
- La recopilación de las Buenas Prácticas utilizadas en el Sector Forestal forman el consolidado que mediante su aplicación e implementación, genera y mejora un producto de origen forestal de manera que convierte el producto final, competitivo en el mercado nacional e internacional.
- Tomando en cuenta todos los capítulos que complementan el Manual de Buenas Prácticas para el Sector Forestal, se puede concluir que esta guía involucra a todos los actores de la cadena de valor forestal, de tal manera que se indican todos los procesos legales que se deben de realizar, las certificaciones y las cualidades de un producto forestal competitivo y de calidad.
- El boro es el componente principal del preservante para la impregnación con boratos, se realizó la guía de buenas prácticas con base en su toxicología; debido a que los boratos poseen una toxicidad relativamente baja no fue necesario la toma de medias de control extremas, sin embargo se aplicaron medidas estándares básicas para el control de la salud y seguridad del trabajador. De igual forma se elaboró la guía de buenas prácticas, tomando en

cuenta cada parte crítica o factor del proceso de impregnación en la cual el personal de trabajo se podría ver involucrado o expuesto a algún daño a su salud.

- De acuerdo con los datos de la prueba colorimétrica los cubos de albura de pino presentaron una mejor difusión de borato ya que los datos tendían a 0.96 y 1.28 kg/m³ de ácido bórico equivalente, mientras que los cubos de duramen de pino tendían a 0.64 y 0.96 kg/m³ y los cubos de ciprés tendían a 0.32 kg/m³. Al observar los datos de las pruebas microbiológicas, la implementación del método de impregnación de boratos redujo en todos los casos la pérdida de masa debido al hongo utilizado, siendo la pérdida de materia más grande de 0.0443g ± 0.0001g.

45. RECOMENDACIONES

- Para mantener las propiedades de resistencia de la madera a través del tiempo, de forma que los datos obtenidos de los cálculos sean confiables, se recomienda hacer un tratamiento adecuado de la madera que la proteja del ataque de hongos e insectos según el riesgo al que esté expuesto.
- La resistencia de la madera depende de sus características naturales (dirección de la veta, presencia de nudos, densidad, entre otras) sin embargo, también depende de procesos de producción como lo son el secado y el corte, por lo tanto se recomienda ejecutar adecuadamente estos procesos para obtener la mayor resistencia posible y evitar condiciones adversas como la aparición de grietas y la putrefacción del material.
- La resistencia al fuego y a eventualidades sísmicas no son temas tratados en este manual, por lo que se recomienda realizar trabajos de investigación de diseño de estructuras de madera que tomen en cuenta estos parámetros a la hora de calcular.
- Partiendo de las generalidades expuestas en este trabajo, realizar una guía de cálculo o manual de diseño de conexiones para elementos de madera, también basándose en el Eurocódigo 5.
- Se recomienda a las instituciones gubernamentales y no gubernamentales que tomen conciencia del potencial que representa el sector forestal y que promuevan la inversión en el sector.
- Se recomienada a futuros investigadores que tomen como punto de partida el desarrollo del estudio mercadológico y diseño de planta de escritorios y que lo complementen con el desarrollo de un estudio de factibilidad económica.
- Se recomienda a las entidades involucradas, implementar el “Manual de Buenas Prácticas para el Sector Forestal”, para optimizar el proceso de producción de productos forestales de competitividad y con los requerimientos necesarios para poder aprovechar de una manera legal la riqueza de Guatemala, de tal manera que se aseguren constantemente de cumplir con todas las normas y la legislación del sector, para evitar que por el hecho de evadir un procedimiento se pierda la legalidad de la madera.
- A los empresarios del sector, se les recomienda el fácil acceso del presente documento y dediquen un tiempo a su estudio con el fin de mejorar sus procesos, aprovechar al máximo sus recursos, disminuir desperdicios, estudiar las propuestas de mejora continua e intentar ponerlas en práctica dentro de su empresa, para que con ello puedan ser más

eficaces y eficientes; por medio de conferencias o actividades de orientación acerca de cómo se debe utilizar el manual y la importancia que éste conlleva.

- Se recomienda la elaboración de un segundo tomo para la guía de impregnación de madera con boratos, en el cual se incluya un análisis detallado de la descripción del proceso de impregnación, el diseño de una planta de impregnación y los puntos de críticos control. También indagar en la gestión de residuos sólidos y líquidos de los boratos, así como la elaboración de un plan de gestión ambiental y monitoreo ambiental para las plantas de impregnación de boratos.
- Se recomienda utilizar un estudio de esfuerzo de tensión para así poder verificar de mejor manera el efecto que tiene la pérdida de peso que causa el hongo sobre la madera tratada con boratos. Se recomienda realizar un estudio más profundo sobre la posibilidad de implementar el método de impregnación con boratos en maderas semiduras como el ciprés.

46. BIBLIOGRAFÍA

1. Amburgey, T. 1990. *"The need fie co-biocides when treating wood with borates".* Proceedings 47355. First international conference on wood protection with diffusible preservatives. Forest products research society. USA. Pág. 141
2. American Society for Testing and Materials, *"Standard Test Method for Wood preservatives by laboratory soil-block".* D 1413-99.
3. Arrecis, M. (2007). *Módulo de Aprendizaje para el Desarrollo de Competencias El Bosque.* Guatemala: UESEPRE/MAGA-DICADE/MINEDUC.
4. Ávila. (2011, Agosto 4). Oficial de la Division de Protección a la Naturaleza. (M. Melville, Entrevistadora)
5. BANSEFOR. (2011). *Importancia de las Fuentes Semilleras en Guatemala.* Guatemala: INAB.
6. Barreno, M. Carreño, R. 1998. *"Evaluación de los pigmentos de cúrcuma cultivada en Venezuela".* Universidad central de Venezuela.
7. BHL-Borax Holdings Limited. 1984. *"Plant operator's manual".* Timbor preservative. Borax house, Carlisle Place , UK.
8. Breyer, D. E. 1988. *Design of wood structures.* New York: McGraw-Hill.
9. Breyer, D. E. 2001. *Design of wood structures ASD/LRFD.* New York: McGraw-Hill.
10. Brown, G. Sallee, E. 1977. *"Química cuantitativa".* editorial Reverté. España. pág. 683.
11. Byrnet, T. 1990. *"Recent research in boron treatment of canadian wood species: stain and mold preventives".* Proceedings 47355. First international conference on wood protection with diffusible preservatives. Forest products research society. USA. Pág. 141
12. Cabrera Caillard, C., Gálvez, J. J., Rodas, O. A., & Ventura, M. *Política Forestal de Guatemala.*
13. Carr, D. R. 1962. *"Boron as a wood preservative*". Proc. World For. Congr. 5th, 3, 1552-1556. En: *'Summary of pressure treating, fungal efficacy and termite toxicity data for borate".* Pág 20.
14. Catie/ Renarm/ Madera. 1993. *"Preservado de madera rolliza con el método de difusión de boratos".* Guatemala. Pág. 5
15. Cerezo, M. (1990). *Reglamento de Ley de Áreas Protegidas.* Guatemala.

16. Comisión de Fabricantes de Muebles (COFAMA). (2011). *Guía de Exportación a México, Centroamérica y Belice*. Guatemala.
17. Comisión de la salud y la seguridad en el Trabajo de Quebec. (2001). *Apeo Manual de Árboles*. Quebec.
18. CONESFORGUA, DANIDA, INAB, & NEPENTHES. *Manejo Forestal Sostenible* .Guatemala.
19. Congreso de la Republica de Guatemala. (1996). *Ley Forestal Decreto Número 101-96* . Guatemala.
20. Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP). (2004).Guatemala.
21. Construction, A. I. 2005. *Timber construction manual.* Hoboken, NJ: Wiley.
22. Engineers, A. S. 1989. *Classic wood structures.* New York: American Society of Civil Engineers.
23. "Decreto Numero 90-907". Constitucion Politica de la Republica de Guatemala. El Congreso de la Republica de Guatemala. Guatemala.
24. Erdoiza, J. Echenique, M. 1980. *Preservación de madera de pino con sales de boro".* Instituto de investigación sobre recursos bióticos. México. Pág. 18
25. Eurocode 0. Basis of structural design: EN 1990:2002. 2002. Technical Committee CEN.Editorial Aenor.
26. Eurocode 1. General Actions – Densities, self-weight and imposed loads for buildigns.: EN 1995-1-1:2002. 2002. Technical Committee CEN.Editorial Aenor.
27. Eurocode 5. Design of timber structures: EN 1995-1-1:2004. 2004. Technical Committee CEN.Editorial Aenor.
28. FAO. (2003). *Agenda Nacional Forestal de Guatemala en el Marco del Programa Forestal Nacional* (2da. ed.). Guatemala: Serviprensa, S.A.
29. Fernandez, Francisco; P. Echenique. 1986. "*Estructuras de Madera"*. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México D.F. Pags 103-105.
30. Fimaco. *"La impregnacion de la madera con C.C.A.".* se encuentra en: http://www.fimaco.com.ar/productos/autoclaves/a02/La%20Impregnacion%20de%20la%20Madera%20con%20CCA.pdf
31. Food and agriculture Organization of the United States. 1986. *"Wood preservation manual"*. Forestry paper # 76. Pág. 152
32. Forest Products Laboratory. 1999. *"Wood handbook-Wood as an engineering material"*. Madison, Wisconsin.

33. *"Guía de buenas prácticas en impregnación de medera, Tomo 1: Seguridad y salud ocupacional"*. 2007. Producción más Limpia (P+L). Ministerio Ferderal de Cooperación Económica y Desarrollo. Uruguay.
34. *"Guía de buenas prácticas en impregnación de medera, Tomo 2: Gestión ambiental y producción más limpia"*. 2007. Producción más Limpia (P+L). Ministerio Ferderal de Cooperación Económica y Desarrollo. Uruguay.
35. "Guía para seleccionar respiradores". 2008. 3M. Divisicón de Saludo Ocupacional y Seguridad Ambiental.
36. Gurfinker, German. 1981. "*Wood Engineering"*. 2da. Edición. Editorial Kendall/Hunt Publishing Company. Southern Forest Prducts Association. Illinois. Pags 113- 116.
37. Herzog, T., *et al*. (2004). Timber Construction Manual. Basel, Boston: Birkhäuser.
38. Horbostel, Caleb. 1999. *"Materiales modernos para la construcción"*. México DF. Págs 552 a 554.
39. INAB, & MAGA. Conoce Sobre el Manejo de Bosque. Guatemala.
40. INAB. (1998). *Ley Forestal.* Guatemala: Instituto Nacional de Bosques.
41. INTECAP. (2001). *Armando muebles de madera.* Guatemala.
42. INTECAP. (2001). *Manual de Tratamientos Superficiales en Madera.* Guatemala.
43. INTECAP. (2005). *Manual de selección, corte y precorte de la madera en la Industria Forestal.* Guatemala
44. INTECAP. (2005). *Seleción, Precorte y Corte de Piezas de Madera.*Guatemala.
45. INTECAP. (2006). *Manual de herrajes y empaque.* Guatemala.
46. International Organization for Standarization (ISO). (2004). *Norma Internacional ISO 14001 (Traducción Certificada).*
47. Jayanetti, D. 1978. *"A guide for boron diffusion treatment".* Documento FID-II/22. Jakarta. Pág. 14
48. Lebow, S. Lebow, P. Halverson, S. 2010. *"Penetration of Boron from Topically Apllied Borate Solutions".* Forest Products Journal. Vol 60. no 1.
49. *"Legislación Ambiental Guatemalteca".* 2009. Naciones Unidas-UN.
50. Ley Forestal de Guatemala (1996).
51. *"Lista de Plaguicidas con Autorización Vigente"*. 12 de Septiembre 2011. Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). Ministerio de Agricultura Gobierno de Chile.

52. López R., 2001. *"Análisis de comparativo de dos tipos de madera, al ser tratados para su preservación, bajo el método de inmersión instantánea en solución de boratos, en el departamento de Retalhuleu."* Universidad de San Carlos de Guatemala. Escuela de Ingenieria Química.
53. Madera para Exteriores, *"Preguntas Frecuentes".* Se encuentra en: http://www.madex.es/index.php?id=394#c207
54. *"Manual de legilación ambiental de Guatemala"*. 1999. Instituto de Derecho Ambiental y Desarrollo Sostenible- IDEADS-. Programa de las naciones unidas para el medio ambiente. Guatemala.
55. MARN. (2007). *Política Forestal de Guatemala.* Guatemala: INAB.
56. *"Minimal Risk Levels (MRLs)"*. 2010. Agency for Toxic Substances and Disease Registry-ATSDR. EE.UU.
57. McCabe. *"Operaciones Unitarias en ingeniería química"*, cuarta edición, México 1991. Editorial McGraw-Hill Interamericana, S.A. de C.V.
58. Porteus J., Kermany A. 2007 *Structural Timber Desgin to Eurocode 5.*Blackwell Publishing.
59. Producción + limpia. 2008. "Guía de buenas prácticas en impregnación de madera, Tomo 2: gestión ambiental y producción más limpia".
60. Reeb, J. 1997. *'Wood-Destroying Organisms & Wood Preservatives".* University of Kentucky.
61. Reglamento de Tránsito de Guatemala (1998).
62. Reglamento de Transporte de Productos Forestales (2004).
63. *"ToxGuide for Borom"*. 2011. Agency for Toxic Substances and Diseases Registry-ATSDR. Departament of Health and Human services Public Heath Service. EE.UU.
64. *"Toxical profile for boron"*. 2010. ATSDR- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Departament of Helth and Human Services, Public Health Service .
65. Universidad católica de chile. 2008. *"Seminario, Impregnación de Pino en Chile".*
66. USB-US Borax & chemical corp. 1986. *"Treatment manual".* USA.
67. Velásquez C. 1993. *"Preservación de madera verde por el método de difusión de boratos : guía para el técnico forestal"*. Guatemala.
68. Velásquez G., Carlos E.; 1993. "Preservación de madera verde por el método de difusión de boratos : guía para el técnico forestal". Guatemala.
69. "Wood and Fiber Science". 2004. Journal, Vol 36.. Society of Wood Science & Technology (SWST). Págs 119-118

70. “Wood Preservation”. 1987. Wood Handbook: Wood as an engineering material. Handbook 72, Forest Sevice Agriculture. United States Departament of Agriculture. Washington D.C. Págs 18-2 a 18-6

71. Yves, Benoit; Legrand, Bernard y Tstet, Vincent 2008. Calcul des structures en bois. 2ª ed. París. 443 págs.

47. REFERENCIAS DE INTERNET

1. Ácido Bórico". 2011. EcuRed. Cuba. Extraido de: http://www.ecured.cu/index.php/%C3%81cido_b%C3%B3rico
2. ALECO, "Bactericida", se encuentra en http://www.alecoconsult.com/index.php?id=bactericidas
3. American Wood Protection Association (AWPA). http://www.awpa.com/index.asp
4. Asociación Nacional de Municipalidades de Guatemala . *El desarrollo del país se construye desde los gobiernos locales* . Recuperado el 25 de Octubre de 2011, de http://www.anam.org.gt/
5. BigMat. "Viguetas y bovedilla de hormigón". Se encuentra en: http://www.bigmat.es/pdfs/03_vigueta.pdf
6. "Boric Acid MSR". 2011. Minera Santa Rita. Argentina. Extraido de: http://www.santaritasrl.com/pdf/boric-acid-eng.pdf
7. "Borax 10 DecaidratadoMSR". 2011. Minera Santa Rita. Argentina. Extraido de: http://www.santaritasrl.com/pdf/borax-10-eng.pdf
8. "Borax". 2006. Elecctroquimica el Carmen S.A. (EQC).Argentina. Extraido de: http://www.eqcsa.com.ar/Productos/borax.php
9. "Borax". 2011. EcuRed. Cuba. Extraido de: http://www.ecured.cu/index.php/B%C3%B3rax
10. "Boro". 2011. Lenntech. España. Extraido de: http://www.lenntech.es/periodica/elementos/b.htm#ixzz1YlgufyrG
11. Camino Castro, Edison, 2010. "Informe Pericial". Extraido de: http://ingedisoncamino.com/images/stories/pdf/ingenieria_forense/pcp-pirifos_informe_pericial.pdf
12. Campos, R. 2007. "Madera". Perú. Se encuentra en: http://www.monografias.com/trabajos48/maderas/maderas2.shtml
13. "Chromated Copper Arsenate (CCA) Wood Preservatives". 2011. Nacional pesticide Information Center. Estraido de: http://npic.orst.edu/ingred/ptype/treatwood/cca.html
14. Clases Minerales, Boratos". 2011. Universidad de Valladolid. España. Extraido de: http://greco.fmc.cie.uva.es/mineralogia/contenido/clases_miner5_4_3.html
15. COFAMA. (2011). Comisión de Fabricantes de Muebles y Productos Forestales. Obtenido de http://www.cofama.org

16. CONAP. (2011). Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Obtenido de http://www.conap.gob.gt/
17. Departamento de salud y servicio humanos. 2001. “pentaclorofenol”. Estados Unidos. Se encuentra en: http://www.cvs.saude.sp.gov.br/pdf/toxfaq149.pdf
18. “Entradas al Proceso”. 2010. Red Interinstitucional de Tecnologías Limpias - RITL http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/331107/331107_mp.htm
19. “Fichas Internacionales de Seguridad Quimica”. 2003. Grupo Prevenir Consulting. España. Extraido de: http://www.grupoprevenir.es/fichas-seguridad-sustancias-quimicas/0567.htm http://www.grupoprevenir.es/fichas-seguridad-sustancias-quimicas/0991.htm
20. “Ficha de Datos de Seguridad” . 2011. MERCK. Extraido de: http://www.omnichemgroup.pue-mx.com/pdf/61.pdf
21. Forest Stewardship Council (FSC). (n.d.). *Main: Forest Stewardship Council*. Consultado Abril 14, 2011, en http://www.fsc.org/
22. Gobierno de la República. *(2011).Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.* Recuperado el 23 de Septiembre de 2011, de http://www.marn.gob.gt/
23. Hérnan. 2010 “Preservación de Madera”. Mayo 27. http://maderapreservacion.blogspot.com/2010/05/sustancias-preservantes.html
24. Hispanetwork. 2007. “Madera rolliza”. Se encuentra en http://ciencia.glosario.net/agricultura/madera-rolliza-11538.html
25. “Hoja de Seguridad de Materiales”. 2001. Proquimsa. Extraido de:
26. http://www.proquimsaec.com/PDF/HojaSeguridad/HS_Borax_Decahidratado.pdf
27. INAB. (2011). *Instituto Nacional de Bosques*. Obtenido de http://www.inab.gob.gt/
28. Infobosques. 2009. “Madera aserrada”. Se encuentra en: http://www.infobosques.com/descargas/biblioteca/150.pdf
29. Lafuente, German. 2008. “Preservante de Madera a Base de Boro”. Quiborax. Extraido de: http://germanlafuente.blogspot.com/2008/07/preservante-de-madera-en-base-boro.html
30. “Lo que debemos saber sobre maderas impregnadas con CCA”. 2011. American Wood Preserver Association. Uruguay. Extraido de: http://www.madexpress.com.uy/lo-que-debemos-saber-sobre-maderas-impregnadas-con-cca
31. Madera preservada con creosota en obras civiles”. 2007. Centro de Transferencia Tecnológca de Madera (CTT). Extraido de: http://www.cttmadera.cl/wp-content/uploads/2007/08/microsoft-word-madera-preservada-con-creosota-en-obras-civiles.pdf

32. “Madera útil, madera duradera”. 2009. Western Wood Preservers Institute (WWPI). Extraido de: http://www.softwood.org/pdfpubs/WWPI-1MS.pdf
33. MINECO. (2011). *Ministerio de Economía de Guatemala*. Obtenido de http://www.mineco.gob.gt
34. Monaghan, Greg . 2007. “Solid color deck stains: trends, substrates, and formulation study”. Julio 1. Extraido de: http://www.thefreelibrary.com/Solid+color+deck+stains%3a+trends%2c+substrates%2c+and+formulation+study-a0166995535
35. Normas 9000. (2010). *Que es ISO 9000*. Consultado Abril 14, 2011, en http://www.normas9000.com
36. Olmedo C. 2007. “Creosota, un riesto en la madera”. Extraído de: http://www.guardiacivil.org/revista/758/articulo_1.pdf
37. “Preservantes de Madera”. 2011. INKABOR. Perú. Extraido de: http://www.inkabor.com/index.php?option=com_content&view=article&id=17%3Apreservante-de-madera&catid=6&Itemid=4&lang=es
38. “Pressure-Treated Wood FAQs”. 2011. Simpson Strong-Tie Company. Extraido de: http://www.strongtie.com/productuse/ptwoodfaqs.html
39. Productos, Cualidades de la Madera Lignum. *(Enero, 2011)*. Obtenido de Lignum: http://lignum.com.gt/
40. Quimatic S.A. “preservante”. Chile. Se encuentra en: http://www.quimatic.cl/industria-alimenticia/preservantes.html
41. Real Academia Española, “Diccionario de la lengua española”, vigésima segunda edición, se encuentra en: http://www.rae.es/rae.html
42. Richardson, B.A. 1978. “Wood Preservation”. The construction press. Lancaster: England. Extraido de: http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Wood_preservation
43. Semminario Impregnación de Pino Radiata en Chile”. 2008. Escuela de Arquitectura de la Universidad Católica y la Fundación Copec-UC. Extraido de: http://www.cttmadera.cl/wp-content/uploads/2008/01/seminario-8-enero-08.pdf
44. SIFGUA. (2011). *Sector Forestal de Guatemala*. Obtenido de http://www.sifgua.org.gt/
45. SIGAP. (2011). *Sistema Nacional de Áreas Protegídas*. Obtenido de http://www.conap.gob.gt/biodiversidad/sigap

46. “Tetraborato de Disodio, Decahidratado”. 1997. http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/501a600/nspn0567.pdf
47. Textos científicos. 2005. “Polietileno”. Se encuentra en http://www.textoscientificos.com/polimeros/polietileno
48. Trámites Manejo Forestal. *(Marzo, 2011).* Obtenido de Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP): http://www.conap.gob.gt/
49. Tratamiento de la madera contra agentes bióticos, los clásicos y la nueva generación”. 2010. Asociación de Investiganción Técnica de las Industrias de la Madera (AITIN) http://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_2587_13944.pdf
50. “Tratamiento”. 2011. Asociación Traviesa de Madera (ASTRAMA). Extraido de: http://www.astrama.org/traviesa2.html
51. Universidad Autónoma de México, “Hoja de seguridad III”, se encuentra en: http://www.quimica.unam.mx/IMG/pdf/3hshcl.pdf
52. Universidad de California, “Creosota, lo que usted necesita saber”, se encuentra en: http://www.losh.ucla.edu/losh/resources-publications/fact-sheets/creosota_espanol.pdf
53. Universidad de Jaume I de Castellón, “Lección 17Proceso de adsorción”, se encuentra en: http://www.agua.uji.es/pdf/leccionHQ17.pdf
54. Word Reference, ”Diccionario de la lengua española”, se encuentra en http://www.wordreference.com
55. WWF. (2011). World´s Wild Life. Obtenido de http://wwf.panda.org/

48. GLOSARIO

A

Ácido Clorhídrico (HCl): El ácido clorhídrico es una disolución acuosa de cloruro de hidrógeno. Es un líquido de color amarillo (por presencia de trazas de fierro, cloro o materia orgánica) o incoloro con un olor penetrante.

Ácido Salicílico ($C_7H_6O_3$): Es un sólido incoloro que tiende a cristalizar en forma de aguja.

ADEFOGUA: Asociación para el Desarrollo Forestal de Guatemala.

Adsorción: Proceso mediante el cual se extrae materia de una fase y se concentra sobre la superficie de otra fase, generalmente sólida. La sustancia que se concentra en la superficie o se adsorbe se llama "adsorbato" y la fase adsorbente se llama "adsorbente".

Aglomerado: Tipo de madera que se obtiene a partir de pequeñas virutas o aserrín encolados a presión.

Agroforestería: También llamada agrosilvicultura, es un sistema productivo que integra árboles, ganado y pastos o forraje, en una misma unidad productiva. Está orientado a mejorar la productividad de las tierras y al mismo tiempo ser ecológicamente sustentable.

Albura: Capa blanda, de color blanquecino, que se halla inmediatamente debajo de la corteza en los tallos leñosos o troncos de los vegetales gimnospermos y angiospermos dicotiledóneos, formada por los anillos anuales más jóvenes.

AMCHAM: La Cámara de Comercio Guatemalteco Americana es una asociación privada, no lucrativa y conformada por personas de negocios interesadas en servir a la comunidad, en promover la inversión y el comercio entre los Estados Unidos y Guatemala.

ANACAFE: Asociación Nacional del Café, establecida el 4 de noviembre de 1960 en representación de todos los productores de café del país. Iniciado por precursores de la

Organización Internacional del Café, como una forma de estadísticas de la centralización de la producción de café del país.

Anclaje: Conjunto de elementos destinados a fijar algo firmemente al suelo.

Anhídrido: Se dice del producto formado por una combinación del oxígeno con un elemento no metal y que, al reaccionar con el agua, da un ácido.

Anhidro: Sustancia que no contiene agua.

Anisotrópico: Aquellos cuerpos en los que la magnitud de la propiedad de la que se trate no es la misma en todas las direcciones.

Antraceno: es un hidrocarburo aromático policíclico. A temperatura ambiente se trata de un sólido incoloro que sublima fácilmente.

Apicultura: Técnica o arte de criar abejas para aprovechar sus productos.

Aprovechamiento de flora y fauna silvestre: Es el uso sostenido que se hace de la vida silvestre, pudiendo ser con fines de subsistencia, comerciales, deportivos, de investigación, exhibición y/o educación, así como afición.

Aprovechamiento forestal: Es el beneficio obtenido por el uso de los productos o subproductos del bosque, en una forma ordenada, de acuerdo a un plan de manejo técnicamente elaborado, que por lo tanto permite el uso de los bienes del bosque con fines comerciales y no comerciales, bajo estrictos planes silvícolas que garanticen su sostenibilidad.

Área protegida: Son áreas protegidas, las que tienen por objeto la conservación, el manejo racional y la restauración de la flora y fauna silvestre, recursos conexos y sus interacciones naturales y culturales, que tengan alta significación para su función o sus valores genéticos, históricos, escénicos, recreativos, arqueológicos y protectores, de tal manera de preservar el estado natural de las comunidades bióticas, de los fenómenos geomorfológicos únicos, de las fuentes y suministros de agua, de las cuencas críticas de los ríos, de las zonas protectoras de los suelos agrícolas, a fin de mantener opciones de desarrollo sostenible.

Áreas protegidas legalmente declaradas: Son aquellas áreas declaradas como protegidas por medio de un Decreto del Congreso de la República.
Arista: Borde: esquina. Línea que resulta de la intersección de dos superficies, considerada por la parte exterior del ángulo que forman.

Arriostramiento: Refuerzo lateral para rigidizar la estructura.

Aserrar: Operación de cortar longitudinalmente la madera y darle una escuadría determinada, con sierra manual o mecánica.

Asociación Guatemalteca de Exportadores (AGEXPORT): Es una entidad privada no lucrativa, fundada desde 1982, con el propósito de promover y desarrollar las exportaciones de productos no tradicionales de Guatemala. Representa a empresarios guatemaltecos dinámicos e innovadores que han logrado penetrar y permanecer en el mercado mundial, así como a todas aquellas empresas interesadas en exportar o prestar servicios a los exportadores.

Asociación: Unión de varias personas (humanas o jurídicas) para el logro de un fin.

ASOREMA: La Asociación Nacional de Organizaciones No Gubernamentales de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente se fundó en 1995 por las ONG ambientalistas del país. Busca fortalecer el movimiento ambiental y movilizar a todos los sectores de la sociedad guatemalteca en la conservación, protección, recuperación, gestión integral y manejo sostenible del medio ambiente.

Autoclave: Para el proceso se tratamiento de madera, se trata de un equipo con sellado hermético utilizado para generar condiciones especificas de presión y temperatura.

B

Bactericida: Sustancia que produce la muerte de bacterias.

BCIE: Banco Centroamericano de Integración Económica.

BID: Banco Interamericano de Desarrollo.

Bienes no Maderables: Este término incluye todos los bienes de origen biológico, así como los servicios derivados del bosque y cualquier otro uso del terreno similar y excluye a la madera en toda sus formas.

Biodegradación: Resultado de los procesos de digestión, asimilación y metabolización de un compuesto orgánico llevado a cabo por bacterias, hongos, protozoos y otros organismos.

Boratos: compuestos químicos que contienen boro (B) y oxígeno (O). Se producen cerca de 14 tipos diferentes, además son toxicos para organismos que destruyen la madera.

Bosque con Alto Valor de Conservación (BAVC): La idea fue desarrollada originalmente por el ForestStewardship Council (FSC) para uso en certificación forestal, pero el concepto está siendo utilizando cada vez más en otros ámbitos, incluyendo conservación y planificación e incidencia en recursos naturales, cartografía, y en las políticas de adquisición de grandes compañías.

Bosque: Es el ecosistema en donde los árboles son las especies vegetales dominantes y permanentes.

C

Cámara de Comercio Internacional (CCI): Es la organización empresarial que representa mundialmente los intereses empresariales. Se constituyó en París en 1919 y continúa teniendo su sede social en la capital francesa. Tiene personalidad propia y su naturaleza jurídica es asociativa. Sus fines estatutarios básicos son actuar a favor de un sistema de comercio e inversiones abierto y crear instrumentos que lo faciliten, con la firme convicción de que las relaciones económicas internacionales conducen a una prosperidad general y a la paz entre los países.

Carga permanente: Este término es utilizado para una carga que estará siempre aplicada en la misma dirección (es decir, es monotónica) sobre un periodo de referencia dado sin variaciones en su magnitud, por ejemplo su peso propio.

Carga variable: Este término es utilizado para una carga que no es monotónica y puede variar en el tiempo, por ejemplo, cargas vivas.

Carga: Este es el término utilizados para las fuerzas o acciones aplicadas a la estructura (es decir, carga directa). Este término es también utilizado para desplazamientos impuestos, por ejemplo asentamientos (es decir, carga indirecta).

CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

CCA: compuesto químico que contiene Cromo, Cobre y arsénico. Utilizado comúnmente en el tratamiento de madera por presión y brinda protección contra insectos.

CELGUSA: Planta de celulosa que existió en Guatemala.
Celosía: Estructura bidimensional o tridimensional. Constituida de una armadura con miembros a tensión y compresión.

Colorimetría: Procedimiento de análisis químico fundamentado en la medida de la intensidad del color de las sustancias.

Columna armada: sección compuesta de materiales distintos o sección constituida de dos o más perfiles del mismo material.

CONAP: Consejo Nacional de Áreas Protegidas, con personalidad jurídica que depende directamente de la Presidencia de la República, con jurisdicción en todo el territorio nacional, sus costas marítimas y su espacio aéreo. Posee autonomía funcional y su presupuesto se integra por una asignación anual del Estado y el producto de las donaciones específicas particulares.

Concesión Forestal: Es la facultad que el Estado otorga a personas guatemaltecas, individuales o jurídicas, para que por su cuenta y riesgo realicen aprovechamientos forestales en bosques de

propiedad estatal, con los derechos y obligaciones acordados en su otorgamiento, de conformidad con la ley.

Concesión: Otorgamiento del derecho de explotación de bienes y servicios por un período determinado por parte de una empresa (en este caso, el Estado) a otra, generalmente privada.

CONESFORGUA: El Consejo Nacional de Estándares de Manejo Forestal Sostenible de Guatemala como iniciativa nacional de certificación reconocida por el FSC, tiene definido como objetivo institucional y en su plan estratégico, el desarrollo de estándares bajo el esquema del ForestStewardship Council (FSC) adecuadas a las características naturales y socioeconómicas del país.

Conexión: Enlace, juntura o relación entre distintos elementos. Atadura o unión de los elementos de una estructura.

Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP): Se crea en 1989 con personalidad jurídica que depende directamente de la Presidencia de la República, como el órgano máximo de dirección y coordinación del sistema guatemalteco de áreas protegidas. Tiene jurisdicción en todo el territorio nacional, sus costas marítimas y su espacio aéreo. Regula sus actuaciones según lo establecido en la Ley de Áreas Protegidas (Decreto Legislativo 4-89, y sus reformas).

Consorcio: Agrupación de entidades o personas con intereses comunes.

Contrachapado: Tablero elaborado con finas chapas de madera pegadas con las fibras transversalmente una sobre la otra con resinas sintéticas mediante fuerte presión y calor.

Contraflecha: Deflexión inicial inducida para contrarrestar una deformación posterior provocada por las cargas a las que será sometido el miembro.

Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (IPPC): Es un acuerdo internacional en pro de la salud de las plantas con 177 firmantes, su objetivo es proteger a las plantas cultivadas y salvajes a través de la prevención de la introducción o reproducción de pestes.

Creosota: Líquido viscoso, de color pardo amarillento y sabor urente y cáustico, que se extraía del alquitrán y servía para preservar de la putrefacción las carnes, las maderas, y para otros usos.

Criterio de servicio: Requerimiento de diseño para un ELS.

Cubicación: Medir un volumen, saber cuánto tiene de volumen una tabla de madera.

Cuenca: Depresión en la superficie de la tierra; un valle rodeado de alturas.

Cúrcuma: Especia oriental de color amarillento, utilizada como componente del curry.

Cutánea: Del cutis o la piel o relativo a ellos.

D

Deforestar: Eliminar o cortar el bosque en forma irracional.

Densímetro: Este instrumento consiste en un flotador que posee un vástago delgado que sobresale de la superficie del líquido. Mientras más denso es el líquido más sobresale el vástago. El vástago es graduado en unidades de densidad.

Difusión: Fenómeno que ocurre cuando una sustancia remanente en la parte superficial de una pieza de madera, penetra en ella y se distribuye balanceadamente dentro de la pieza. Depende del grosor, densidad, contenido de humedad y el coeficiente de difusión de la madera.

Disodio-Octaborato Tetrahidratado: Tipo de borato que es utilizado para el tratamiento de madera. Su formula molecular es $Na_2B_8O_{13}$ * $4H_2O$. Este no está a la venta pública en Centroamérica.

Disolver: Proceso de separa partículas de un cuerpo sólido o espeso por medio de un líquido, hasta lograr una mezcla homogénea.

Duramen: Parte más seca, compacta y de color más oscuro por lo general, del tronco y ramas gruesas de un árbol.

E

Edáfica: Rama de la ciencia del suelo que estudia la composición y naturaleza del suelo en su relación con las plantas y el entorno que le rodea.

ELS irreversible: ELS donde algunos efectos de las acciones habiendo excedido el criterio de ELS permanecerán luego de que las acciones de ELS hayan sido removidas.

ELS reversible: ELS donde ningún efecto de las acciones habiendo excedido el criterio de ELS permanecerán luego de que las acciones de ELS hayan sido removidas.

Embalaje: Caja o cubierta con que se resguardan los objetos que han de transportarse.

Empalme: Juntar dos maderos, sogas, tubos u otras cosas, acoplándolas o entrelazándolas.

ENCA Guatemala: Escuela Nacional Central de Agricultura Guatemala.

Erosión: Desgaste de la superficie terrestre por agentes externos, como el agua y el viento.

Esbeltez: Relación entre altura y anchura de los miembros.

Espectrometría: interacciones con partículas de radiación o a una respuesta a un campo alternante o frecuencia variante.

Estado Límite de Servicio (ELS): Estado límite asociado con el punto en el que el criterio de servicio definido ya no se cumplirá en la estructura.

Estado Límite Último (ELU): Estado límite asociado con el colapso o la forma equivalente de falla.

Estados límite: Establece el punto más allá en el que la estructura no cumplirá con los requerimientos de diseño para la cual fue diseñada.

Etanol: Compuesto orgánico incoloro conocido comúnmente como alcohol etílico. Soluble en agua y se utiliza como disolvente.

Etanolamina: es un compuesto químico orgánico que es tanto una amina primaria, (debido a un grupo amino en su molécula) como un alcohol primario (debido a un grupo hidroxilo).

Exudado: Producto de la exudación, generalmente por extravasación de la sangre en las inflamaciones.

Exudar: Dejar que salga por sus poros o sus grietas un líquido o una sustancia viscosa.

F

FAO: Organización específica de la ONU, creada el 16 de octubre de 1945 en Quebec. Conduce las actividades internacionales encaminadas a erradicar el hambre y brinda sus servicios tanto a países desarrollados como a países en transición a modernizarse y mejorar sus actividades agrícolas, forestales y pesqueras, con el fin de asegurar una buena nutrición para todos.

FBT: La Fundación del Bosque Tropical es una organización guatemalteca no lucrativa y apolítica cuyo representante legal es Vida Amor de Paz; cuyo objetivo principal es el desarrollo sustentable de la gente que vive en ambientes naturales y bosques.

FEDECOVERA: La Federación de Cooperativas de las Verapaces es una entidad autónoma, integrada por treinta y seis cooperativas de primer grado, que incluye una población estimada de 60,000 personas, asimismo atienden a 33 grupos de pequeños agricultores organizados, con una población estimada de 80,000 personas. Apoya comunidades afiliadas a cultivos de café, Cardamomo, Té Negro y el Desarrollo Forestal Sostenible.

Fenantreno: es un hidrocarburo policíclico aromático compuesto de tres anillos fusionados bencenos.

Fiabilidad: Es la habilidad de la estructura o elemento estructural de cumplir los requerimientos de diseño sobre la vida útil de diseño, y normalmente se expresa en términos probabilísticos.

Fitotóxico: Sustancia que causa un efecto adverso sobre los vegetales.

Fondo Forestal Privativo: Creado mediante el decreto 101-96 mediante la Ley Forestal 84 y 86 y tiene por objetivo proveer de los recursos financieros necesarios para la promoción de programas de desarrollo forestal.

Forestación: Actividad de poblar con especies arbóreas o arbustivas, en terrenos que carezcan de ella, o que estando cubiertos de vegetación, éstos no sean susceptibles de aprovechamiento económico ni mejoramiento mediante manejo. La reforestación es básicamente lo mismo, salvo que se realiza en terrenos que han sido explotados extractivamente con anterioridad.

Foro de Acreditación Internacional (IAF): Es la organización mundial de acreditaciones y asesoría de conformidad en los campos de manejos de sistemas, productos, servicios, personal y otros programas similares donde el manejo de la conformidad puede ser provechoso.

Fructosa: Endulzante natural obtenido de la fruta que es tolerada por muchos diabéticos ya que no se absorbe tan rápidamente como el azúcar blanca.

FSC: ForestStewardship Council (Consejo de Manejo Forestal).

Fungicida: Agente que inhibe o destruye los hongos.

G

Granular: Sustancia cuya masa forma granos o porciones menudas.

Gremial Forestal: Organización sin fines de lucro, fundada en 1950, que promueve el cultivo y el manejo sostenible de los bosques de Guatemala. Está integrada por personas individuales o jurídicas y asociaciones forestales de diferentes regiones del país.

Gremio: Corporación de personas que del mismo oficio o profesión, regida por estatutos especiales.

GSF: Grupo Subsectorial Forestal.

H

Hectárea: Medida de la superficie que equivale a 10,000 metros cuadrados.

Hulla: Carbón de piedra que se conglutina al arder y, calcinado en vasos cerrados, da coque.

I

Impacto ambiental: Acción o actividad que produce una modificación o alteración en el medio, o en algunos componentes del medio.

Impregnar: Hacer que penetren las partículas de un cuerpo en las de otro, fijándose por afinidades mecánicas o fisicoquímicas.

INAB: Instituto Nacional de Bosques, trabaja desde el año 1996. Es una entidad estatal, autónoma y descentralizada, con personalidad jurídica, patrimonio propio e independencia administrativa. Es el órgano de dirección y autoridad competente del Sector Público Agrícola en materia forestal.

Incendio forestal: Un fuego que esta fuera de control del hombre en un bosque.

Industria forestal: Empresa cuyo objetivo principal es la transformación de materia prima forestal, utilizando para el efecto la maquinaria y equipo específico.

INE: Organismo descentralizado del Estado, semiautónomo, con personalidad jurídica, patrimonio propio y plena capacidad para adquirir derechos y contraer obligaciones que tiendan al desarrollo de sus fines, contribuyendo a la realización de un conjunto de programas y actividades sustantivas, orientadas hacia la ejecución de la política estadística nacional.

Informe Técnico: Documento en que el técnico forestal del INAB hace constar que ha comprobado que la información contenida en el formulario de inscripción o actualización es real; este documento debe ser avalado por el Director Subregional del INAB correspondiente.

Infraestructura: Conjunto de elementos o servicios que se consideran necesarios para el funcionamiento de una organización o para el desarrollo de una actividad.

Inocuo: Que no hace daño.

Instituto Nacional de Bosques (INAB): Es una entidad estatal, autónoma, descentralizada, con personalidad jurídica, patrimonio propio e independencia administrativa, y es el órgano de dirección y autoridad competente del Sector Público Agrícola en materia Forestal.

Intradós: Curva interior de un arco que forma su cara cóncava.

J

Jornal: Sueldo que cobra el trabajador por cada día de trabajo.

L

Ladera: Cualquiera de los lados en declive de un monte.

Latifoliada: Árboles de las zonas tropicales de hojas anchas y duras.

Lixiviación: Fenómeno por medio del cual una sustancia alcalina seca, se disuelve al entrar en contacto con el agua.

M

Madera aserrada: Piezas de madera maciza obtenidas por aserrado del árbol, generalmente escuadradas, es decir caras paralelas entre sí y cantos perpendiculares a las mismas.

Madera blanda: Madera de resinosa o de coníferas

Madera contrachapada (plywood): Es un producto derivado de la madera que se basa en la superposición de placas o chapas estructurales de madera en número impar, alternando el sentido de la fibra y encoladas entre sí. Se utiliza más para formar tableros.

Madera delgada: Aquella con 10 a 20 cm. de diámetro.

Madera dura: Madera de frondosas.

Madera Laminada Encolada (MLE, Glulam): Piezas de madera formadas por varias láminas o capas de madera orientadas paralelamente. Se utiliza para cubrir luces extensas y crear formas curvas que únicamente pueden formarse con este tipo de tecnología de madera.

Madera microlaminada (LVL): Es un producto derivado de la madera para uso estructural fabricado con chapas de madera de pequeño espesor (del orden de 3 a 5 mm) encoladas con la misma dirección de la fibra. Se utiliza más para la formación de perfiles de madera.

Madera Rolliza: madera en bruto, en estado natural, tal como se corta, con o sin corteza.

Madera Verde: Madera recién cortada y completamente húmeda, con un contenido en agua de 30-33%.

MAGA: El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación es la entidad encargada de consensuar y administrar políticas y estrategias que propicien el desarrollo sustentable del sector agropecuario, forestal e hidrobiológico a través de regulaciones claras y estables, acceso a recursos productivos.

Mástil: Poste o paral sometido a esfuerzos de compresión.

Metalurgia: La metalurgia es la ciencia y técnica de la obtención y tratamiento de los metales desde minerales metálicos, hasta los no metálicos.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA): Tiene como misión ser la entidad encargada de consensuar y administrar políticas que propicien el desarrollo sustentable del sector agropecuario, forestal e hidrobilógico.

Ministerio de Economía de Guatemala: Es la institución responsable de hacer cumplir el régimen jurídico relativo al desarrollo de las actividades productivas no agropecuarias, del comercio interno y externo a través de promoción de inversiones, acceso a mercados internacionales, elevando los índices de competitividad y el aumento de las importaciones y exportaciones.

MNEDUC: El Ministerio de Educación es el responsable de la educación en Guatemala, por lo cual le corresponde lo relativo a la aplicación del régimen jurídico concerniente a los servicios escolares y extraescolares para la educación de los guatemaltecos.

Moldura: Parte saliente de perfil uniforme, que sirve para adornar o reforzar obras de arquitectura, carpintería y otras artes.

MP: El Ministerio Público es una institución auxiliar de la administración pública y de los tribunales con funciones autónomas, cuyos fines principales son velar por el estricto cumplimiento de las leyes del país, de acuerdo al artículo 251 en la Constitución.

Muesca: Cavidad que se hace en un elemento para encajar otro.

Muro de entramado: Muro formado por uno o varios marcos y divisiones de madera.

N

Nudo muerto: Cuando una rama muere, queda un muñón que se rodea de un tejido oscuro de fibras sin continuidad, comportándose como un agujero con una resistencia bastante inferior a la propia resistencia de la madera afectando el aspecto físico y la resistencia.

Nudo: Tejido leñoso dejado por el desarrollo de una rama, cuyo aspecto y propiedades son diferentes a los de la madera de las zonas circundantes.

Número de Identificación Tributaria (NIT): En Guatemala se relaciona al número de identificación tributaria; un código único, generalmente de carácter alfanumérico, utilizado con el fin de poder identificar inequívocamente a toda persona individual o jurídica.

O

OJ: El Organismo Judicial es uno de los organismos del Estado, que ejerce el pdoer judicial en la República y en ejercicio de la soberanía delegada por el pueblo, imparte justicia conforme la Constitución y los valores y normas del ordenamiento jurídico del país.

Oleaginosos: Aceitoso.

ONG: Organización no gubernamental; entidad de carácter civil o social con diferentes fines y objetivos humanitarios y sociales definidos por sus integrantes, creada independientemente de los gobiernos ya sean locales, regionales o nacionales y que jurídicamente adoptan diferentes estatus, tales como asociación, fundación, corporación y cooperativa, entre otras formas.

Ortotrópico: Las propiedades del material en una dirección particular serán las mismas en todos los puntos dentro del cuerpo.

P

Parenquimatosa: La Hemorragia Parenquimatosa es una colección de sangre dentro del parénquima cerebral secundaria a una rotura vascular no traumática, su gravedad es variable dependiendo del tamaño, tiempo de evolución y localización del hematoma.

Pentaclorofenol: Esta sustancia se utiliza fundamentalmente como agente protector de la madera, y como biocida en albañilería y en la industria textil para la prevención de ataques funguicidas y bacterianos.

PFNG: El Programa Forestal Nacional de Guatemala busca identificar, definir y consensuar una nueva compresión para el desarrollo forestal ambiental; a través de un mecanismo comprensivo de análisis, estudio, proyección, estrategia y propuesta de acción.

PIB: El producto interno bruto es una medida agregada que expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios finales de un país durante un período, que es generalmente un año.

Pies tablares: Unidad de medida de volumen utilizada para medir la madera aserrada. Equivale a 144 pulgadas cúbicas o 0.0023597 metros cúbicos. Para sacar la medida pie tablar de una tabla se utiliza la siguiente fórmula: pie tablar = (grosor en pulgadas X ancho en pulgadas X largo en pies) / 12

PINPEP: El Programa de Incentivos para Pequeños Poseedores de tierras de vocación forestal o agroforestal, se propone con la finalidad de incrementar la cobertura de los propietarios de pequeñas extensiones de tierra en reforestación y manejo de bosques naturales; consistiendo en incorporar la participación de aquellos pequeños productores que tienen algún grado de dificultad para demostrar legalmente la propiedad de sus terrenos.

Plan de manejo: Es un programa de acciones desarrolladas técnicamente, que conducen a la ordenación silvicultural de un bosque, con valor de mercado o no, asegurando la conservación, mejoramiento de los recursos forestales.

PNC: La Policía Nacional Civil es la fuerza armada de seguridad de Guatemala, encargada del resguardo del orden público y la seguridad civil de la población.

PNUD: Creado en 1965 por la ONU, el Programa de las naciones Unidas para el Desarrollo es la red mundial de desarrollo establecida para proporcionar los conocimientos, experiencias y recursos para ayudar a los países a forjar una vida mejor.

PPAFD: Proyecto Piloto de Apoyos Forestales Directos.

Preservante: Sustancia que inhibe la propagación de microorganismos tales como bacterias y hongos. Por lo general se utiliza para prolongar la vida útil de un producto.

PROCAFOR: El Programa Regional Forestal de Centroamérica, apoyado por el pueblo y el gobierno de Finlandia, impulsa el desarrollo rural a través del cambio en el uso productivo de los recursos forestales.

Productos forestales maderables: Aquellos de origen biológico del bosque para uso de madera y productos derivados de la misma.

Productos forestales no maderables: Aquellos de origen biológico así como los servicios derivados del bosque y cualquier otro uso similar del terreno, excluyendo a la madera en todas sus formas.

Productos forestales: Son los bienes directos que se aprovechan del bosque. Estos incluyen trozas rollizas o labradas, sin ningún tratamiento, postes y pilotes sin ningún tratamiento; material para pulpa, durmientes sin ningún tratamiento; astillas para aglomerados, leña, carbón vegetal, semillas, gomas, resinas y cortezas. El reglamento podrá especificar otros productos forestales para incluirlos en los listados correspondientes.

Protección forestal: Conjunto de medidas que tienden a la preservación, recuperación, conservación y uso sostenible del bosque.

Punto de saturación: Hace referencia al punto máximo de concentración.

R

Rainforest Alliance: Es una sociedad sin fines de lucro internacional dedicada a la conservación de los bosques tropicales, que busca conservación de la biodiversidad y asegurar la sostenibilidad.

Raleo: Técnica silvicultural que modifica la densidad del bosque con el fin de lograr el mayor beneficio económico de su explotación.

Reacción: Este término es utilizado para los esfuerzos internos resultantes o desplazamientos en la estructura luego de ser aplicada una carga.

Recursos Naturales: Los elementos naturales susceptibles a ser aprovechados en beneficio del hombre se les clasifica en renovables, que pueden ser conservados o renovados continuamente mediante su explotación racional (tierra agrícola, agua, bosques, fauna) y no renovables, que son aquellos cuya explotación conlleva su extinción (minerales energéticos de origen mineral).

Reforestación o Repoblación forestal: Es el conjunto de acciones que conducen a poblar con árboles un área determinada.

Regeneración natural: Reproducción del bosque mediante procesos naturales del mismo.

Regente forestal: Profesional acreditado para realizar trámites forestales.

Registro Nacional Forestal (RNF): Se crea en Guatemala con el propósito de censar las tierras cubiertas de bosques y de vocación forestal, así como de ejercer un control estadístico de las actividades técnicas y económicas sobre la materia.

Resistencia: Es la capacidad de un elemento estructural el cual ha sido sometido a acciones sin fallar, por ejemplo la resistencia a cortante, resistencia a flexión.

RGP: Registro General de la Propiedad.

Rigidez: Capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones.

Rodenticidas: es un pesticida que se utiliza para matar o eliminar, controlar, prevenir, repeler o atenuar la presencia o acción de los roedores, en cualquier medio.

S

Sassolita: O sasolita es la forma mineral del ácido bórico.

SEDARPA: Dirección General de Desarrollo Forestal.

SEF: Sistema de Educación Forestal.

Segunda área de momento: Momento de inercia, indica la tendencia a hacer rotar una sección del elemento respecto a un eje de referencia.

SEPRONA: Servicio de Protección de la Naturaleza velar por el cumplimiento de las disposiciones que tiendan a la conservación de la naturaleza y medio ambiente, de los recursos hidráulicos, así como de la riqueza natural.

SIGAP: Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas, conjuntos de todas las áreas protegidas del país y las entidades que las administran. Fue creado para lograr los objetivos de conservación, rehabilitación y protección de la diversidad biológica y los recursos naturales del país.

Soleras: Madero asentado de plano sobre fábrica para que en él descansen o se ensamblen otros horizontales, inclinados o verticales.

Sostenibilidad: Estado de equilibrio de una especia con los recursos de su entorno en el que la tasa de explotación es menor que la tasa de renovación.

T

Tabla: Pieza de madera plana, de poco grueso y cuyas dos caras son paralelas entre sí.

Tablero: Láminas fabricadas a base de madera en forma de chapas, fibras, partículas, listones, etc., de cualquier tipo de construcción.

Tableros de virutas orientadas (OSB): Producto formado de capas de virutas de madera orientadas uniformemente.

Tebuconazole: es un fungicida orgánico que pertenece al grupo de los triazoles. Posee acción preventiva, curativa y erradicante. Es sistémico e inhibe la biosíntesis del ergosterol del hongo.

Tendal: Poste en el cual se coloca una cubierta de tela para hacer sombra.

Tierra de vocación forestal: Zonas o regiones del país que por sus características geomorfológicas y climáticas pueden tener un uso sostenible en el campo forestal.

Tincal: Borax crudo.

Tincalconita: Borax si se deja reposar al aire libre, pierde lentamente su hidratación y se convierte en tincalconita

Transversal: Que se halla o se extiende atravesado de un lado a otro.

Trazabilidad: Posibilidad de identificar el origen y las diferentes etapas de un proceso de producción y distribución de bienes de consumo.

U

UPIE: Unidad de Políticas e Información Estratégica, creada por el Ministerio de Agricultura para diseñar y formular participativamente la política y los planes sectoriales que propicien el desarrollo sustentable del sector.

URL: Universidad Rafael Landívar.

USAC: Universidad de San Carlos.

Uso sostenible: Es el uso de especies, ecosistemas u otro recurso natural, a una tasa donde se mantenga en la superficie territorial que proteja su funcionamiento adecuado.

UVG: Universidad del Valle de Guatemala.

V

Vagoneta: Vagón pequeño y descubierto utilizado para el transporte de objetos.

Ventanilla Única para Exportaciones (VUPE): En el año 1998 el Ministerio de Economía delega a AGEXPORT la función de Ventanilla Única para las Exportaciones, quien acepta la responsabilidad, y a la vez se compromete a poner en marcha el SEADEX (Sistema Electrónico de Autorización de Exportaciones).

Viga: Elemento estructural que se coloca horizontalmente y sirve de soporte de cargas de otros elementos estructurales.

Viguetas: Elemento prefabricado longitudinal resistente, diseñado para soportar carga producidas en forjados de pisos o cubiertas.

Viruta: Cinta delgada de madera, de espesor variable, obtenida por corte de una pieza en la dirección de la fibra, por medio del cepillado o de máquinas especiales.

Volatilización: Acción y efecto de volatilizarse.

W

WorldWildlifeFund (WWF): Es la organización independiente de preservación del medio ambiente más grande del mundo. Entre sus objetivos se encuentra conservar la diversidad biológica, garantizar el uso sostenible de los recursos naturales renovables y promover la reducción de la contaminación.

X

Xate: Nombre común de tres especies de palma de porte pequeño.

Xilófago: Se dice de los insectos que roen la madera.

49. NOMENCLATURA

Letras griegas mayúsculas

A	Acción o fuerza accidental
$A_{1, 2,3}$	Área de cada cara de la tabla utilizada
A_{tb}	Área total de la tabla
A_d	Valor de diseño de una acción o fuerza accidental
A_{pa}	Área transversal de un patín
A_{al}	Área transversal de un alma
C	Una función de ciertas propiedades de diseño de un material
C_{ab}	Cantidad de ácido bórico por litro de solución para el tratamiento con boratos
C_{bor}	Cantidad de borax por litro de solución para el tratamiento con boratos
Cst_{ab}	Costo de un kilogramo de ácido bórico
Cst_{bor}	Costo de un kilogramo de bórax
Cst_{ptb}	Costo de tratar un pie tablar
Cst_{sol}	Costo de un litro de solución para el tratamiento con boratos
Cst_{tb}	Costo de tratar una tabla de madera
E	Módulo de elasticidad de un material
$E_{0.05}$	El quinto percentil (valor característico) del módulo de elasticidad
$E_{0,medio}$	Valor promedio del módulo de elasticidad paralelo al veta
$E_{90,medio}$	Valor promedio del módulo de elasticidad perpendicular al veta
E_{medio}	Valor promedio del módulo de elasticidad
$E_{medio,fin}$	Valor promedio final del módulo de elasticidad
$E_{p,osb,0,medio}$	Valor promedio del módulo de elasticidad paralelo a la superficie de la veta de madera contrachapada o a la longitud del tablero OSB
$E_{p,osb,90,medio}$	Valor promedio del módulo de elasticidad perpendicular a la superficie del veta del madera contrachapada o a la longitud del tablero OSB
E_f	El efecto de las acciones o fuerzas
E_{fd}	Valor de diseño del efecto de las acciones o fuerzas
F	Acción o fuerza
$F_{d,ser}$	Fuerza de diseño en el estado límite de servicio
$F_{f,Rd}$	Capacidad de carga de diseño por perno en muro diafragma
$F_{i,c,Ed}$	Fuerza de reacción compresiva de diseño en el extremo del muro de corte *i*
$F_{i,c,Ed}$	Fuerza de reacción de tensión en el extremo del muro de corte *i*
$F_{i,vert,Ed}$	Carga vertical de diseño sobre el muro *i*
$F_{i,v,Rd}$	Resistencia de fatiga de diseño del panel *i* (cuando se usa el método A) o muro *i* (cuando se usa el método B)
F_k	Valor característico de una acción o fuerza
F_{rep}	Valor representativo de una acción o fuerza
F_t	Fuerza de tensión
$F_{v,0,Rk}$	Capacidad de carga característica de un conector a lo largo del veta
$F_{v,Ed}$	Fuerza de diseño por plano de corte del perno; efecto horizontal de diseño en el muro diafragma
$F_{v,Rd}$	Capacidad de carga de diseño por plano de corte por perno; capacidad de carga de fatiga de diseño
$F_{v,Rk}$	Capacidad de carga característica por plano de corte por perno
$F_{v,al,Ed}$	Fuerza de corte de diseño sobre el alma
$F_{x,Ed}$	Valor de diseño de una fuerza en la dirección *x*
$F_{y,Ed}$	Valor de diseño de una fuerza en la dirección *y*
G	Acción o fuerza permanente

$G_{0,05}$	Valor del quinto percentil (5%) del módulo de corte
G_{d}	Valor de diseño del módulo de corte
$G_{\mathrm{d,inf}}$	Valor de diseño menor de una acción permanente
$G_{\mathrm{d,sup}}$	Valor de diseño mayor de una acción permanente
G_{k}	Valor característico de una acción permanente
$G_{\mathrm{k},\,j}$	Valor característico de la acción permanente *j*
$G_{\mathrm{k}\,j,\mathrm{inf}}$	Valor característico menor de la acción permanente *j*
$G_{\mathrm{k}\,j,\mathrm{sup}}$	Valor característico mayor de la acción permanente *j*
$G_{\mathrm{k},\,j}$	Valor característico de una acción permanente *j*
G_{medio}	Valor medio del módulo de corte
I	Momento de inercia o segundo momento de área de una sección
I_{f}	Momento de inercia o segundo momento de área de un patín
I_{tor}	Momento torsional de inercia
I_y	Momento de inercia o segundo momento de área en el eje fuerte
I_{z}	Momento de inercia o segundo momento de área en el eje débil
K_{ser}	Módulo de deslizamiento de un perno o conector para el estado límite de servicio de una condición instantánea
$K_{\mathrm{ser,fin}}$	Módulo de deslizamiento de un perno o conector en la condición final
K_{u}	Módulo de deslizamiento de un perno o conector para el estado limite último en la condición instantánea
M_{d},	Momento de diseño
$M_{y,\mathrm{d}}$	Momento de diseño en el eje principal *y-y*
$M_{\mathrm{z,d}}$	Momento de diseño en el eje *z-z*
$M_{\mathrm{y,Rk}}$	Momento de fluencia característico del perno
N	Fuerza axial
Q	Acción variable
Q_{k}	Acción variable característica
$Q_{\mathrm{k,1}}$	Acción variable principal
$Q_{\mathrm{k},i}$	Valor característico de la acción variable acompañante *i*
$R_{\mathrm{90,d}}$	Capacidad de ruptura de diseño
$R_{\mathrm{90,k}}$	Capacidad de ruptura característica
$R_{\mathrm{ax,d}}$	Capacidad de carga de diseño de una conexión cargada axialmente.
$R_{\mathrm{ax,k}}$	Capacidad de carga característica de una conexión cargada axialmente
$R_{\mathrm{ax},\alpha,\mathrm{k}}$	Capacidad de carga característica en un ángulo α de la veta
R_{d}	Valor de diseño de la capacidad de carga de la resistencia
$R_{\mathrm{ef,k}}$	Capacidad de carga característica efectiva de una conexión
$R_{i,\mathrm{v,d}}$	Capacidad de fatiga de diseño de un muro
R_{k}	Valor característico de la resistencia
$R_{\mathrm{sp,k}}$	Capacidad de ruptura característica
$R_{\mathrm{v,d}}$	Capacidad de fatiga de diseño del muro diafragma
S	Primer momento del área
V	Volumen de fuerza cortante
$\mathrm{V_{sol}}$	Volumen de la solución para el tratamiento con boratos
$\mathrm{V_{sol.ut}}$	Volumen de la solución a utilizar para el tratamiento con boratos
$\mathrm{V_{tb}}$	Volumen de la tabla para el tratamiento con boratos
W_y	Módulo de sección en el eje *y*
W_{z}	Módulo de sección en el eje *z*
X_{d}	Valor de diseño de la propiedad de resistencia de un material
X_{k}	Valor característico de la propiedad resistencia de un material

Letras latinas minúsculas

a	Distancia
a_{d}	Valor de diseño de datos geométricos
a_{nom}	Valor nominal de datos geométricos
a_1	Espaciamiento, paralelo a la veta, de pernos dentro de una fila
a_2	Espaciamiento, perpendicular a la veta, entre filas de pernos
$a_{3,\mathrm{c}}$	Distancia entre pernos en un extremo cargado
$a_{3,\mathrm{t}}$	Distancia entre pernos en un extremo descargado
$a_{4,\mathrm{c}}$	Distancia entre pernos en un borde descargado
$a_{4,\mathrm{t}}$	Distancia entre pernos en un borde cargado
b	Ancho
b_i	Ancho de panel *i* (método A) o muro *i* (método B)
b_{net}	Claro entre tornillos
b_{al}	Ancho de alma
d	Diámetro
d_{c}	Diámetro de conector
d_{e}	Diámetro efectivo
$f_{\mathrm{h},i,\mathrm{k}}$	Fuerza de empotramiento característica de un miembro de madera *i*
$f_{\mathrm{ax,k}}$	Parámetro de retraimiento característico para clavos suaves
$f_{\mathrm{c,0,d}}$	Resistencia a compresión de diseño a lo largo de la veta
$f_{\mathrm{c,w,d}}$	Resistencia a compresión de diseño de un alma
$f_{\mathrm{c,f,d}}$	Resistencia a compresión de diseño de un patín
$f_{\mathrm{c,90,k}}$	Resistencia a compresión característica perpendicular a la veta
$f_{\mathrm{t,f,d}}$	Resistencia de tensión de diseño de un patín
$f_{\mathrm{h,k}}$	Fuerza de incrustamiento característica
f_1	Frecuencia fundamental
$f_{\mathrm{m,k}}$	Fuerza de flexión característica
$f_{\mathrm{m},y,\mathrm{d}}$	Fuerza de diseño en el eje principal *y*
$f_{\mathrm{m,z,d}}$	Fuerza de diseño en el eje principal *x*
$f_{\mathrm{m},\alpha,\mathrm{d}}$	Fuerza de diseño a un ángulo α de la veta
$f_{\mathrm{p,osb,c,0,d}}$	Fuerza de compresión de diseño del madera contrachapada u OSB a lo largo de la superficie de la veta
$f_{\mathrm{p,osb,c,90,k}}$	Fuerza de compresión característica de madera contrachapada u OSB perpendicular a la superficie de la veta
$f_{\mathrm{p,osb,m,0,k}}$	Fuerza de flexión característica paralela a la superficie de la veta de la madera contrachapada u OSB
$f_{\mathrm{p,osb,m,90,k}}$	Fuerza de flexión característica perpendicular a la superficie de la veta de madera contrachapada u OSB
$f_{\mathrm{p,osb,t,0,d}}$	Fuerza de tensión de diseño del madera contrachapada u OSB paralela a la superficie de la veta
$f_{\mathrm{p,osb,t,0,k}}$	Fuerza de tensión característica del madera contrachapada u OSB paralela a la superficie de la veta
$f_{\mathrm{p,osb,v,0,d}}$	Fuerza de corte transversal de diseño en flexión paralela a la superficie de la veta de madera contrachapada u OSB
$f_{\mathrm{p,osb,v,0,k}}$	Fuerza de corte transversal característica en flexión paralela a la superficie de la veta de madera contrachapada u OSB
$f_{\mathrm{p,osb,v,90,k}}$	Fuerza de corte transversal característica en flexión perpendicular a la superficie de la veta de madera contrachapada u OSB
$f_{\mathrm{t,0,d}}$	Fuerza de tensión de diseño a lo largo de la veta

$f_{t,0,k}$	Fuerza de tensión característica
$f_{t,90,d}$	Fuerza de tensión de diseño a ángulos rectos a la veta
$f_{t,al,d}$	Fuerza de tensión de diseño del alma
f_u	Fuerza de tensión de los clavos
$f_{u,k}$	Fuerza de tensión característica de los tornillos
$f_{v,0,k}$	Fuerza cortante del tablero de diseño
$f_{v,ax,\alpha,k}$	Fuerza de retraimiento característica en un ángulo α de la veta
$f_{v,ax,90,k}$	Fuerza de retraimiento característica perpendicular a la veta
$f_{v,d}$	Fuerza cortante de diseño
$f_{v,k}$	Fuerza cortante característica
$f_{v,r,k}$	Resistencia al corte por torsión de la madera contrachapada
h	Altura del miembro, altura del muro
h_{ap}	Altura de la zona del vértice
h_e	Altura de empotramiento; distancia entre el centro del perno más lejano y el borde cargado
h_{ef}	Altura efectiva
$h_{f,c}$	Altura del patín a compresión
$h_{f,t}$	Altura del patín a tensión
h_{al}	Altura del alma
i	Inclinación de la muesca
i_y o i_z	*iy* o *iz* Radio de giro
$k_{c,90}$	Factor de modificación por la orientación de la fuerza
$k_{c,y}$ o $k_{c,z}$	Factor de inestabilidad
k_{crit}	Factor usado para pandeo lateral
k_{ef}	Factor exponente para determinar el número efectivo de pernos en una fila
k_d	Factor de dimensión para un tablero
k_{def}	Factor de deformación
k_{dis}	Factor que considera la distribución de esfuerzos en una zona del vértice
$k_{f,1}$,$k_{f,2}$,$k_{f,3}$	Factor de modificación para la Resistencia de abrazaderas
k_h	Factor de peralte
$k_{i,q}$	Factor de carga distribuida uniformemente
k_l	Factor para limitar la deflexión en el diseño con abrazaderas; factor para el efecto longitudinal en madera microlaminada (LVL)
k_m	Factor para la redistribución de esfuerzos de flexión en una sección transversal.
k_{mod}	Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad.
K_n	Factor de material cobertor, factor de agujero
K_s	Factor de espaciamiento de pernos; factor de modificación para rigidez de resorte.
k_{forma}	Factor que depende de la forma de la sección transversal.
k_{corte}	Factor de amplificación para deflexiones cortantes
k_{sis}	Factor de sistema de sistema de fuerzas
k_v	Factor de reducción para agujeros
k_{vol}	Valor del volumen en la zona del vértice
k_y o k_z	Factor de inestabilidad
l	Luz, longitud de contacto
l_{ef}	Longitud efectiva, luz de diseño de una viga
m	Masa por unidad de área
m_{ab}	Masa de ácido bórico utilizada en la preparación de la solución para el tratamiento con boratos

m_{ba}	Masa adsorbida de borato por cubo
m_{bor}	Masa de bórax utilizada en la preparación de la solución para el tratamiento con boratos
m_{micro}	Masa perdida debido a la prueba microbiológica
m_t	Masa del cubo después de tratamiento con boratos
m_{tm}	Masa de un cubo después de la prueba microbiológica
m_o	Masa inicial del cubo
n_{40}	Número de frecuencias debajo de 40 Hz
E_{ef}	Número efectivo de pernos
q_d	Valor de diseño de una carga distribuida; el valor de diseño de una carga de estabilidad interna por unidad de longitud suministrada por el sistema de abrazaderas
q_i	Carga vertical uniformemente distribuida equivalente que actúa en un muro
r	Radio de curvature
s	Espaciamiento
s_0	Espaciamiento básico entre pernos
r_{in}	Radio interno en la zona del vértice de vigas a un agua o vigas a dos aguas con intradós curvo.
t	Espesor
t_{pen}	Profundidad de penetración
u	Deformación, desplazamiento horizontal de una estructura o elemento estructural
$u_{fluencia\ plástica}$	Deformación por flujo plástico
u_{fin}	Deformación final
$u_{fin,G}$	Deformación final debido una acción permanente
$u_{fin,Q1}$	Deformación final debido a una acción variable
$u_{fin,Qi}$	Defomación final para una acción variable acompañante
u_{inst}	Deformación instantánea
$u_{inst,G}$	Deformación instantánea para una acción permanente, G
$u_{inst,Q,1}$	Deformación instantánea para una acción variable principal, $Q1$
$u_{inst,Q,i}$	Deformación instantánea para una acción variable acompañante Qi
v	Velocidad de impulso unitario de respuesta
w	Límite de deflexión vertical de un miembro estructural
$w_{fluencia\ plástica}$	Límite de deflexión de fluencia plástica
v_{fin}	Límite de deflexión final
w_{inst}	Límite de deflexión instantánea
$w_{net,fin}$	Límite de deflexión final neta

Letras griegas mayúsculas

Πk	Producto de los coeficientes k que afectan el valor de diseño

Letras Griegas minúsculas

α , β	Ángulos
β_c	Coeficiente de rectitud
γ_F	Coeficiente parcial para acciones tomando en cuenta incertidumbres del modelo y variaciones dimensionales.
$\gamma_{f,i}$	Coeficiente parcial para una acción i que toma en cuenta la posibilidad de

	desviaciones desfavorables en los valores representativos de la acción.
γ_G	Coeficiente parcial para acciones permanentes
$\gamma_{G,j}$	Coeficiente parcial para una acción permanente *j*
γ_Q	Coeficiente parcial para acciones variables
$\gamma_{Q,i}$	Coeficiente parcial para una acción variable *j*
γ_m	Coeficiente parcial para las propiedades del material
γ_M	Coeficiente parcial para las propiedades del material que también toma en cuenta las incertidumbres del modelo y las variaciones dimensionales.
γ_{Sd}	Coeficiente parcial que toma en cuenta las incertidumbres en el modelaje de los efectos de las acciones
ξ	Razón de amortiguamiento modal
η	Coeficiente de conversión
λ_y	Relación de esbeltez correspondiente a flexión sobre el eje *y*
λ_x	Relación de esbeltez correspondiente a flexión sobre el eje *x*
λ_z	Relación de esbeltez correspondiente a flexión sobre el eje *z*
$\lambda_{rel,y}$	Relación de esbeltez relativa correspondiente a la flexión sobre el eje *y*
$\lambda_{rel,z}$	Razón de esbeltez relativa correspondiente a la flexión sobre el eje *z*
$\varkappa_k$	Densidad característica
$\varkappa_m$	Densidad media
$\sigma_{c,0,d}$	Esfuerzo de compresión de diseño a lo largo de la veta
$\sigma_{c,\alpha,d}$	Esfuerzo de compresión de diseño a un ángulo α de la veta
$\sigma_{f,c,d}$	Esfuerzo de compresión medio en el patín
$\sigma_{f,c,max,d}$	Esfuerzo de compresión de diseño en las fibras extremas del patín
$\sigma_{f,t,d}$	Esfuerzo de tensión medio de diseño en el patín
$\sigma_{f,t,max,d}$	Resistencia de tensión de diseño de las fibras extremas en el patín
$\sigma_{m,crit}$	Esfuerzo de flexión crítico
$\sigma_{m,\,y,d}$	Esfuerzo de flexión de diseño sobre el eje principal *y*
$\sigma_{m,\,z,d}$	Esfuerzo de flexión de diseño sobre el eje principal *z*
$\sigma_{m,\,\alpha,d}$	Esfuerzo de flexión de diseño a un ángulo α del veta
σ_N	Esfuerzo axial
$\sigma_{t,0,d}$	Esfuerzo de tensión de diseño a lo largo del veta
$\sigma_{t,90,d}$	Esfuerzo de tensión perpendicular a la veta
$\sigma_{al,c,d}$	Esfuerzo de compresión de diseño en el alma
$\sigma_{al,t,d}$	Esfuerzo de tensión en el alma
$\boldsymbol{\tau}_v$ y $\boldsymbol{\tau}_{v,d}$	Esfuerzo de corte y esfuerzo de corte de diseño
$\boldsymbol{\tau}_{tor,d}$	Esfuerzo de corte torsional de diseño
ψ_0	Coeficiente para el valor de combinación de una acción variable
ψ_1	Coeficiente para el valor frecuente de una acción variable
ψ_2	Coeficiente para el valor cuasi permanente de una acción variable

50. APÉNDICE

50.1. APÉNDICE ―Capítulo 16

Entrevista Roberto Andrés Bosch

Director Ejecutivo Lignum S.A.

¿Cuáles cree que son las causas de la situación actual en el sector forestal?

Cada país tiene sus retos diferentes, no es solo acá, es algo que se da en todo el mundo. Se considera que Guatemala es de lo mejor en Centroamérica donde se observa un mercado más creciente que en El Salvador, Honduras y Costa Rica, comparado con Latinoamérica sólo Chile y Brasil están mucho más avanzados en muchos aspectos, aun así se considera q estamos muy bien forestalmente, no estamos en decadencia sino estamos en desarrollo, con ciertos desafíos. Al criterio la ley en Guatemala es buena pero se necesita fortalecer al INAB, la cual funciona bién porque está fuera de gobierno y hay una directiva que da variedad, cabe mencionar que antes había una institución llamada Digebos que era una institución centralizada en el gobierno pero se eliminó y gracias a esto se creó el INAB, El gobierno quiere destruir al INAB aunque no lo ha logrado hasta el momento. Actualmente tampoco hay seguridad laboral en esta misma institución por cuestiones gubernamentales, la responsabilidad de los guatemaltecos es que continúe el INAB. A la gremial le importa mucho pero al gobierno no. Además reafirmo lo de los zompopos, se tacha de echarle la culpa a los pobres pero la gente no tiene fondos para comprar mejores combustibles, eso de los zompopos es herencia cultural de 300 años cuando la población de Guatemala era pequeña, el bosque se daba abasto, pero como creció el bosque se hace mella porque no alcanzan los bosques. Es responsabilidad del INAB capacitar a la gente para mantener los bosques y mantener informados a los dueños más grandes de bosques son las municipalidades. Se puede sacar trabajo para devolver lo que se está sacando, para no caer en la excusa general de que somos pobres, esto es cultural y se tiene que instituir, muchas veces la gente se niega, que haya exigencia del campesino que merece todo de la tierra y no da nada. No se les puede exigir plata, se les debe exigir mano de obra para que plante. Esto da mala imagen a las empresas legales las pocas, aunque esto ha cambiado. Le impresiona que el ciudadano común no tiene idea del sector forestal porque no se ve a simple viste pero el día que se acabe lo vamos a ver todos y es un hecho, ya se nota lo que pasa es que la gente no pone atención.

¿Qué problemas ve usted en el sector forestal de Guatemala?

Actualmente hay problemas de infraestructura, de carreteras y manejo de logística de la madera, de igual modo también existen en su gran mayoría empresarios e inversionistas

que tienen visión a corto plazo, cuando cualquier plan llevado en bosques tiene visión a largo plazo como a 20 años. La gente ve que no rinde algo así y prefiere agricultura, los propietarios forestales necesitan compromiso y visión a largo plazo. Quiere todo rápido, hay poco know-how a largo plazo, todo no pasa de 5 años, alejando la inversión del sector debido a esta ignorancia. Como problema político, si el gobierno tomara el NAB sería un caos lo que se convierte en una amenaza , pero el INAB ha logrado llevar la industria debido a su autonomía ya que si fuera por el gobierno la situación forestal estaría aún mucho peor, la inestabilidad política ha alejado mucha inversión social, el CONAP francamente no funciona ya que es 100% gubernamental muy inestable, como por ejemplo el resultado es que el 90% de los fuegos no se controlan en Peten gracias a invasores a tomar tierra, queman su área de bosque para agricultura, y esta institución apenas se da abasto con todo lo que tiene que controlar.

La frontera agrícola tiene avance económico, es por interés del dinero. Se debería mejorar esto ya que la madera es un negocio que si se lleva es muy rentable, satisfactorio y se puede llevar muy bien.

¿Qué potencial observa usted de la industria forestal si se le lograra sacar el mayor provecho posible?

El potencial es inmenso, las tierras son de vocación forestal, muchos lugares no dan frijol o maíz pero siempre dan pino que se da en lugares de tierras pobres. Podríamos ser como Chile o mucho más, exportando millones en madera, atender las fuentes energéticas, fuentes de trabajo en el interior del país. Distribuidas en todo el país, se descentralizan y mejoran las condiciones rurales ya que la gente no se aglutinaría en un área urbana como lo es la ciudad sino que tendría mayor empleo fuera de ésta, desarrolla turismo, protección naturaleza, agua y aire. Hay áreas que son industriales y otras son para reservas debido a condiciones topográficas, porque tienen cuencas y varios otros factores, por lo que se reservan a la mano más industrias que se han desarrollado a partir del mantenimiento y producción es increíble el potencial en Guatemala y es bien amplio el tema del bosque, de cómo se encuentra interrelacionado con todo lo ambiental, económico y social del país, por lo que un aprovechamiento de este potencial forestal levantaría de paso mucho potencial total en el país. Solo PINFOR logra casi un millón de plazas, esto podría dar a entender que un bosque genera trabajo, genera sustento y por lo tanto genera vid, le daría todo lo que necesita al habitante rural.

¿Observa que las medidas actuales tomadas en la industria forestal ayudan a conservar e incluso a incrementar los bosques? ¿Por qué?¿Cree que la situación económica, social y cultural en el país es adecuada para mejorar la industria forestal o necesita mejora?

Actualmente no se ha hecho mucho énfasis en la educación a las comunidades, ya que una finca ociosa no genera plazas, en cambio una finca con comunidades educadas no malgastan el bosque. Actualmente se muestra ignorancia en mucha de las prácticas cotidianas como lo que se le hace al árbol para obtener el ocote, lo cual deja lastimado el

arbol, por lo que las industrias deben primero tratar bien a los bosques, que la gente aprenda a tirar su basura, a no contaminar su agua y en general a mantener los recursos. El INAB nacio en 1996 y rinde muy bien, gracias al PINFOR se ha logrado hacer algo en el país en la iniciativa industrial, ya que actualmente hay alrededor de 100,000 ha actuales ya plantadas gracias a este programa y han revisado esto, además de los programas de protección, por lo que en la iniciativa industrial forestal por parte de esta institución no hay problema. En cambio el CONAP como con lo que ha sucedido en la laguna del tigre, lo que se habla en la ciudad no importa si no se ejecuta en el campo, todo lo que ha hecho esta institución se ha quedado en papeles y burocracias en ayudar a la industria; el gobierno solo da la plata para que funciones que es alrededor del 1% al INAB, el gobierno tiene más programas pero no han hecho nada importante, como plantaciones de los EXPACS pero el gobierno es un cero a la izquierda en lo que se refiere en ayudar a la industrialización adecuada del sector forestal. Su concepción del CONAP es que es muy pequeña para todo lo que tiene que manejar, además de ser burocrático. En general muchos problemas de industrialización se deben a que entidades gubernamentales tardan mucho en procesar solicitudes y hay comentarios muy malos, tardan en ejecutar proyectos más de 2 años cuando deberían de ser de 3 meses si muchos.

¿Cómo observa el entorno de producción de bienes maderables en el país? ¿Encuentra algún problema específico respecto a este subsector? ¿Cómo considera usted las instituciones encargadas en Guatemala de controlar la situación forestal?

Está en desarrollo, aun es joven comparado con los países desarrollados, pero va en buen camino. Los empresarios tienen acceso a la mejor maquinara del mundo y aunque el mercado no es tan grande, están en proceso de desarrollo. La variabilidad cambia con respecto a las maquinas, hay maquinas viejas que son mejores que muchas nuevas, se pueden modernizar con herramientas nuevas y con los beneficios de la vieja. Lo que sí es un problema es la poca educación en métodos de fabricación, es una gran problemática, la asesoría nacional es poca y es caro traer a alguien del extranjero además está acostumbrado a otro tipo de mercados, lo ideal es vernos a nosotros mismos y no compararnos, tener más investigación que debe ser exigido por un mercado más exigente. Hay miedo al bosque, por cuestión cultural no se sabe los beneficios de vivir ahí, el profesional opta por no seguir el camino forestal por ignorancia. Con respecto a métodos están relativamente avanzados, se tiene sistema ERP que es competitividad global. Hay necesidad de educar a la gente pero se maneja bien a nivel de empresa legal, lignum da talleres de impregnado, el INTECAP es bueno para ese tema, el problema es la actitud de la gente a abrirse al potencial del mercado. Si el gobierno fuera menos corrupto e invirtiera el dinero adecuadamente tendría la gente salud e higiene para poder sacar su importancia, su actitud mejoraría si tuvieran condiciones de higiene. Lugares donde las personas están bien es porque hay empresas al lado, las empresas si ayudaran en todo al empleado irían a la quiebra, para esto pagan impuestos por lo que el mantenimiento de salud, higiene y necesidades básicas deberían correr por el gobierno, los cuales han hecho un mal trabajo en esto.

¿Encuentra que las regulaciones y las legalidades de la madera perjudican de alguna forma al sector? ¿Por qué?

Esto evoluciona, es un proceso que va a ir mejorando bajo el mando el INAB, el consumidor también tiene que ser exigente, es raro que exijan legalidades pero debe cambiar esto. Es a largo plazo esta educación el cliente no tiene idea el cliente solo busca precio, no le importa si la madera es ilegal o legal o su procedencia, por lo que depende del consumidor exigir las legalidades. Recomiendo consultar estos documentos: IARNA en la URL website y el perfil ambiental son los más confiables.

¿Existen dificultades de comercializar productos forestales tanto global como nacional?

En Guatemala sí existe la capacidad de cada empresario a nivel nacional. A nivel global hay países mucho más desarrollados, lo que hay que lograr es crear nichos en base a la AGEXPORT más especializados. Guatemala está diseñado para valor agregado más que venta en volumen, mano de obra adecuada para esto hay, por lo que hay que aprovecharla para darle valor agregado adecuado y poder venderlo a nivel internacional.

¿Cree usted que la educación en Guatemala acerca de los bosques y su industria es la adecuada? ¿Por qué?

Con respecto a la educación primaria muy pocos colegios incluyendo a los de supuestamente más alto nivel como el Americano o Austriaco no se observa que haya educación ambiental básica, secundaria y universitario, cualquier colegio y escuela muy pocas tienen educación ambiental. A nivel diversificado esta la ENCA a nivel técnico hay capacidad para esto por lo que solo es cuestión de que exista interés del estudiante a dedicarse a una carrera técnica forestal. A nivel universitario profesional no hay una educación suficiente o adecuada, como el ejemplo que agroforestal desapareció de la UVG, siendo un tipo de educación que crecerá conforme aumente el interés de la población por este sector.

¿Cómo ve a futuro la situación de los bosques y su industria?

El valor de la madera sube inevitablemente a través de los años, la madera no se puede sustituir con nada, es una materia prima valiosa. Los empresarios y los agremiados han batallado bien y se observa un mejor panorama, existe una fuerte competencia por el beneficio, tener dinero en juego en el sector motiva a tener una visión positiva del sector, y el empresario hará lo posible en el largo plazo para mejorar la educación y cuestiones políticas.

¿Qué estrategias implementaría usted en su rubro para mejorar y aprovechar el potencial del sector forestal en Guatemala?

Buscar el compromiso de los empresarios en el sector forestal sobre todo a que se produzca que es lo más difícil, que inviertan y entonces va a existir involucramiento y mejora la situación interna. No se puede aislar todo del bosque, esto es imposible y lo mejor es proteger a las comunidades y desarrollar productos nuevos para generar trabajo e incentivarlas a la mejora. Con respecto al valor agregado es una oportunidad y se debe crecer en esto. Siguiendo esta estrategia se busca un crecimiento en el sistema forestal actual.

¿Qué desafíos ve usted para implementar estas estrategias?

Los desafíos más grandes es trabajar en Guatemala con los costos muy altos, esto por ser un país tan corrupto e inseguro, además costos de tramites mordidas, seguridad que no debería ser necesaria de bosques; todo esto mientras los empresarios se deberían dedicar a hacer negocios. El gobierno no hace esto y es difícil ser competitivo a pesar de estas condiciones, además como el narcotráfico que realizan lavado de dinero que vuelven al mercado irreal al poner negocios a lavar dinero en empresas forestales falsas y aumento de la frontera agrícola por parte de estos; como en Chile no sufren de inseguridad y narcotráfico se pueden dedicar a hacer negocios y a producir: en resumen el narcotráfico que vende cosas baratas para lavar dinero y que el gobierno no logre cumplir con seguridad son los mayores desafíos para el empresario en el sector.

Entrevista

Héctor Vargas - Director de ventas forestales Tecún

¿Cuáles cree que son las causas de la situación actual en el sector forestal?

Cada vez hay mayor conciencia en el manejo forestal dentro de los productores, la gente no solo invierte en botar el bosque para el aserradero, sino también en reforestar, en los PINFOR y el apoyo del INAB. El gobierno actual perdió mucha credibilidad al quitarle recursos al MAGA entonces como no había dinero para el Inab, menos dinero es esto para el PINFOR. He tenido gente que trabaja en el sector y al terminar contratos con el estado no le ha afectado específicamente, pero a nivel de siembra también han bajado estas, ósea que si afectan las causas políticas y macroeconómicas en lo que respecta al campo forestal. Las políticas del gobierno central afectan grandemente.

¿Qué problemas ve usted en el sector forestal de Guatemala?

Actualmente no existe una conciencia de visión a futuro de las maquinas, se compra la maquina pero no se busca mantenerla por ignorancia, esto va muy de la mano con la falta de educación del sector, esto aunado con la falta de interés político del sector.

¿Qué potencial observa usted de la industria forestal si se le lograra sacar el mayor provecho posible

En esto se enfocan los reforestadores, en aprovechar todo: la lepa, el chip, el desperdicio. Si uno viaja en helicóptero por el altiplano se observa una deforestación enorme pero si cada vez se ha logrado industrializando más.

¿Observa que las medidas actuales tomadas en la industria forestal ayudan a conservar e incluso a incrementar los bosques? ¿Por qué?

Definitivamente, desde cualquier faceta que lo miremos, si vemos cementos progreso que es un giro distinto que se le da a la madera del bosque, ellos son bastante energéticos, no han dejado de sembrar y cada vez están más mecanizados para la utilización de madera como combustible.

¿Cómo observa el entorno de producción de bienes maderables en el país? ¿ Encuentra algún problema específico respecto a este subsector?

Se considera que la industria en Guatemala de madera se está tecnificando, sin embargo no se conoce tanto sobre el tema y se compra maquinaria sin planeación, no saben cómo hacerlo y solo piden cotizaciones. Hemos logrado lograr crear maquinaria versátil muy buena del punto de vista ecológico, productivo y económico, se desperdicia menos madera. Se tenía un departamento de maquinaria primaria y secundaria de madera, pero se decidió posteriormente entrar solamente a la primaria, considerándolo una mala decisión debido a que el otro mercado si es significativo. En Guatemala todavía se corta mucho con motosierra, en Tecun vendemos aproximadamente 50 millones anuales, esto significa que se venden más motosierras que aserraderos, lo que indica talar y no aserrar. La motosierra quita un cuarto de pulgada más el cepillado para preparar tabla, además que permite realizar menos piezas de este modo. Explico un proceso: la madera entra al aserradero donde se crea la lepa, se pasa a una aserradora de cuatro cabezas donde para ahorrar tiempo se prepara al principio la troza en 6 piezas distintas para mejor movilización. Puede producir de 25 a 30 mil pies tablares en un día y luego se procede a secar para la exportación. Esto demuestra que el proceso se tecnifica más, ya que ha costado que la gente lo haga porque no tiene estudios ni conocimiento, ni siquiera maneja cuentas de bancos y por lo tanto no tienen un historial crediticio que los respalde, compran camiones y maquinaria pero de contado, se han buscado mecanismos para darles crédito. Con respecto a las sierras un paquete cuesta 2900 quetzales, se busca cambiar estas cada 2 horas para eliminar la fatiga del metal, pierde templado por sobrecalentamiento, dejándola en reposo (termino para que lo entienda la gente) que es realmente un reacomodo molecular si no ha llegado a una fatiga total por unas 48 horas, esto es a veces dependiendo de la cultura de la gente, ya que muchos le quieren dar todo el día, en cambio hay gente que compra al por mayor las sierras para rotarlas porque saben que eso significa mayor rendimiento, en cambio un indígena del altiplano que consigue dinero que hasta busca comprar sierras sueltas gastando 200 en sierras, pero gastan su aserradero y sierra por el esfuerzo de cortar, por lo que a la larga pierden. Se pensó entrar en el mercado de sueltas pero con una explicación se le hace entrar en razón.

¿Encuentra que las regulaciones y las legalidades de la madera perjudican de alguna forma al sector? ¿Por qué?

No lo perjudican, es decir podría perjudicar con respecto a las invasiones a las tierras, que tienen un fondo político por lo que se considerarían aparte.

¿Existen dificultades de comercializar productos forestales tanto global como nacional?

Yo no lo llamaría dificultades, sino regulaciones donde usted no puede exportar madera en roll sino que tiene que darse valor agregado, por lo que hay que dar valor agregado para poder exportar, pero esto no es una dificultad sino una oportunidad, lograr algo de valor agregado para que Guatemala gane algo más. Lo que si hay más es en el ámbito Global, que la madera vaya tratada con respecto a normas internacionales, pero esto tampoco es una dificultado, es una forma de dar orden. Poco a poco se ha logrado dar más valor agregado a la madera de exportación, aunque esta regrese como producto

terminado acá. Con la globalización por ejemplo Ikea no compra madera si no hay sello verde, cada vez hay mayores barreras, mayor conciencia en las empresas internacionales. Precisamente el mercado de aserraderos en Guatemala está creciendo, recientemente para semana santa se lograron vender los 7 aserraderos en stock, se muestra como se está moviendo de ágil el mercado, el mercado está absorbiendo mucha tecnología y hay bastante dinero en el sector, estos aserraderos deben ser registrados por lo que se asegura que no sea tala ilícita. El éxito en el mercado es el manejo de piedras afiladoras y sierras modernas con poco contacto con la madera, se sobrecalienta menos y se consigue mejor producto para la comercialización.

¿Cómo considera usted las instituciones encargadas en Guatemala de controlar la situación forestal?

Yo siento que el INAB tiene gente tecnificada, ha perdido un poco de la honestidad que había hace unos 8 años. El CONAP hay gente que hace esfuerzos ahí pero es mucha la burocracia. Por ejemplo en un bosque de Mixco que se incendia no lograron hacer nada y en un proyecto propio mío para cortar unos árboles no hubo nunca una resolución de lo que se podría hacer, lográndose solo con compadrazgos políticos. Si ustedes ven un estudio de impacto ambiental viene prácticamente con autorización positiva solo con pagar una cifra mínima de 5000 quetzales, tiene que ver mucho ahí también el CONRED donde hay otra corrupción tremenda, hicimos un estudio con ellos para el combate de incendios forestales y terminaron comprando todo a la industria militar a mitad de precio.

¿Cree usted que la educación en Guatemala acerca de los bosques y su industria es la adecuada? ¿Por qué?

Creo que no, no existe. Se habla del día de la tierra y un sinnúmero de cosas pero a nivel general no existe. Si hay actividades como para sembrar árboles el día del árbol, pero es tan marginal y no se puede estudiar ni fomentar.

Esto es muy importante, en el altiplano hay una gran producción y en el altiplano hay zonas vírgenes, pero al sobrevolar se observa mucha deforestación, porque debido al minifundio no se logra producir algo rentable en las parcelas de cada familia, no se logra siquiera producir el alimento para una familia y sin embargo venden más de la mitad, esta gente no puede venir y meterse a un proyecto forestal, hay planes para unificar productores y las instituciones buscan hacer trabajas a las mujeres de la comunidad en esto pero nos falta mucho en esto, se ve mucho el efecto de la deforestación causada, hasta les podría decir que es causada por ignorancia, como no poder controlar al gorgojo del pino, por esto se ven gran cantidad de bosques cafés y si esta madera se aprovechara rápidamente se podría industrializar sin dejar que se la coma el animalito y se ven bosques prácticamente tirados en el suelo que resulta que como son terrenos tan inclinados la gente no puede siquiera llegar a hacer leña de esa madera y se quedan ahí hasta que se biodegradan porque primero esta gente no tiene la capacidad de plantear un sistema reforestativo además no se ponen de acuerdo para un trabajo de reforestación e

industrialización, poder registrarse y sacarle provecho a sus siembras silviculturales, lograr algo del PINFOR . Para ellos es difícil lograr un plan a largo plazo con lo forestal, ellos buscan que comer el día de hoy.

¿Cree que la situación económica, social y cultural en el país es adecuada para mejorar la industria forestal o necesita mejora?

¿Cómo ve a futuro la situación de los bosques y su industria?

Lo veo con mucho futuro, hemos vendido alrededor de 250 máquinas de aserraderos y reaserradoras, nosotros vendíamos solo aserraderos brasileños con motores de 100 caballos con sierras de 5 a 10 pulgadas, de ahí sierras de 12 pulgadas que costaban un ojo de la cara y también a la hora de afilar y tablar los dientes de la sierra esta va a comer más madera de la que puede el sistema, se han logrado crear sierras de 1mm de espesor más fácil de manipular y que agiliza la empresa, el afilado es mucho más sencillo es prácticamente micrométrico, todas estas mejoras tecnológicos hacen que se desperdicie menos madera, sacar más dinero a la madera en el menor tiempo, hay aserraderos tan lentos que no logran evolucionar. Entonces yo siento que la gente cada vez en el sector forestal está tomándolo más en serio, muchos sectores potenciales para actuar en el sector carecen del conocimiento y la tierra, pero los que sí lo tienen cada vez se tecnifican más. Los aserraderos que más vendemos son los de motor de 25 caballos.

Esto se ve positivo, pero es necesario que en los actores políticos tengan honestidad. Guatemala tiene vocación forestal, acá se tardan mucho menos que en países nórdicos, ya solo con eso se sabe y cada vez se está mostrando más interés en siembra de bosques para productos energéticos pero el impacto positivo es evitar la erosión, crear ganancia y flujo de dinero. Hay mucha gente que está invirtiendo a futuro. Hay instituciones como el clúster forestal y el ageport que si fomentan y buscan desarrollo positivo del sector, con respecto al sector mueblero hay mucho que se importa y no ayuda tanto al crecimiento.

¿Qué estrategias implementaría usted en su rubro para mejorar y aprovechar el potencial del sector forestal en Guatemala?

Lo primero sería honestidad en las instituciones del estado, sobre todo inversión en educación. Hablar de educación se habla de generación de empleos que sea parte de una segunda fase de esta educación. Un programa como la reforestación de los EXPAC no lo considero como un éxito debido a que no se regula y no se controla, solo se da el dinero y se espera que lo haga, no hay interés en esa parte. Desde el punto de vista de Tecun se busca tener un trabajo más integral con la gente del INAB, INTECAP, AGEXPORT, Clúster forestal, haciendo seminarios como por ejemplo de afilado, se va a ver desde el punto de vista de generación de ganancias, buscar con esto darle el mayor valor agregado a la madera porque generaría mayor circulante en el país y en todo esto estamos involucrados. Lo que es importante es tener conciencia social, una filosofía diferente,

porque vendemos un aserradero y se busca asesorarle con la utilización y afilado de sierras para eliminar la ignorancia, que la gente se quite la imagen de que se les busca vender más, esa ignorancia de mantener y saber utilizar las máquinas que recién se compraron, como saber alinear los volantes para que no corten torcido.

¿Qué desafíos ve usted para implementar estas estrategias?

Es simplemente la falta de interés, la cultura y la deshonestidad política. Yo creo que CONAP fue creado con muy buena visión al igual que el INAB, están bien diseñadas; el problema son las personas que llegan por política a estos lugares. Recalcando los desafíos es la educación y el manejo de cosas públicas porque con la iniciativa privada si hay mucho interés en mejorar y es lo que se sigue apostando, se sigue en lo que es forestal porque se le ve mucho futuro.

Explicación breve de un aserradero móvil, útil para la creación de la troza con movimiento automático. También se brindó un catálogo de utilidad para el conocimiento de éstas y resalta nuevamente el afilado, cambio de sierras, no es necesario comprarle silla al aparato. Una máquina de reaserramiento busca

Resumen visita aserraderos en Zacapa

Se realizó una visita informativa a aserraderos y productores de bienes maderables en aldea El Jute, Zacapa el día lunes 29 de noviembre 2010. Para esto se contó con el apoyo de la AGEXPORT para movilización y contactos con representantes y responsables de cada una de las empresas, así como con la presencia de Rosa María Monzón y Carlos Porras, miembros de la junta directiva de esta asociación.

Maderas el Alto

La visita fue guiada por Lizardo López, el cual estaba a cargo de las instalaciones en el momento de llegar, por lo que la información obtenida fue de primera mano. La empresa se dedica a la creación de planchas de aglomerado de madera con recubierta, para lo cual utilizan las dos fuentes de madera disponibles del sector: bosques naturales y plantaciones, las cuales no se encuentran en el departamento de Zacapa y las traen de otras localizaciones. En estos lugares realizan un raleo de árboles cada 3 metros cuadrados para depuración, de modo que de un dato dado de 1,111 árboles por hectárea a los 40 años quedan 150 listos para corte final. Tambien en ciertas plantaciones se hace un raleo menos riguroso del 20% de los árboles para uso de postes. La madera raleada se vende a industrias que la necesiten, las empresas viven de estos raleos y desechos de otras. Como producto principal utilizan el pino para sus tablas. Las entidades con las que se ven trabajando es con CONAP en áreas protegidas, teniendo con estos tramites que duran 3 años normalmente de estudio de impacto ambiental y con respecto al rubro productivo con el INAB, el tramite que realizan con este es demostrar propiedad del terreno, un estudio forestal de éste y el cálculo de la corta permisible y sustentable. Menciona que aquí las plantaciones las utilizan en períodos de 40 años, comparado con los países europeos que al menos dejan pasar 100 años para la utilización de bosque, demostrando otro tipo de cultura para estos. Se menciona también que no se trata únicamente de plantar el árbol, ya que se debe protegerlo de fuego, malezas y plagas. Con respecto a la utilización, mencionan que sólo el 5% de la madera, ya sea legal o ilegal, llega a la industria, mientras el resto cae en la energía casera de la leña, método de ahorro silencioso del gobierno en gas; esto llega a generar plagas, enfermedades e incendios forestales, por lo que se menciona que debe haber control profesional en esto. Se menciona la cobertura de la industria forestal de valor agregado, mencionando que va desde El Rancho hasta Gualán. En Maderas El Alto se registran envíos con medidas adecuadas (control de ingreso de producto, fecha, especies, número de envío) y salida por ventas. Si el INAB tiene dudas o la policía tiene quejas por los tamaños, se usa este documento para comprobar. Del árbol generalmente aprovechan el 80% para troza, el 20% restante queda como leña y la entrada se pesa por quintal en la forma de aserrín, lepa (madera rústica) o trocillo por el método de pesa de camión. El producto final debe cumplir con la FAUCA, que es el control del estado para exportación de éste. El pedido se carga en contenedores, si es finca propia es propio del transporte, no es así con

terceros. Los pedidos se pasan a producción, se saca el FAUCA si se dirige al Salvador y Honduras. Si va a Costa Rica se necesita además certificado de origen y documento sanitario, si va al resto del caribe, se necesita el DUA que es otro documento legal, pero en todo caso el transporte de producto final siempre lo pone el cliente.

Como descripción del proceso se tiene un patio grande con volcanes de madera, la cual ya se encuentra secada. Luego se ingresa a un molino que corta la madera con todo y corteza, luego bandas transportadoras llevan el chip resultante (lo que sirve para elaborar tableros de partículas) hecho de pino, palo blanco y pasa a una aplicación de melina, que es un antitermitas. Luego se pasa por una máquina que uniformiza la temperatura del chip, luego pasa al tamizado donde se separa el polvo del tablero del resto de la materia prima para reprocesamiento, el chip se muele y remuele nuevamente. Luego pasa por control de calidad y el escogido para tableros va a una máquina donde se preparan planchas suaves y luego se prensan, pasando a un girador que la enfría. De esto resultan tablas con formato de 6 x 8 metros de área y 12 mm de grosor. Se le aplica papel melamínico en una melaminizadora. Lo que no se puede melaminizar por diversas causas se vende como aglomerado desnudo, esto es generalmente el 10%. La melaminizadora es marca wemhöner, la cual tiene mantenimientos mayores cada 7 años y menores cada 6 meses. Toda la tecnología de la planta se adapta para adoptar los diámetros requeridos por el mercado. Luego se pasa por un control de calidad final y luego a bodegas en paquetes de 30 láminas y se clasifica según su tipo de madera ya listo para despachar, se usa como se parador polines y se ponen en los extremos las láminas de menor calidad. Se maneja política de poco inventario y todo se vende rápido.

Fontana de Trevi

Se dedica a la fabricación y exportación a Italia de ataúdes de alta calidad. Su proceso consiste en la formación de tablas previamente pasadas por horneado y secado con las que se hace el producto, por medio de unión de madera de alta calidad para el exterior y baja calidad para el relleno interno con cola y prensas por dos horas, luego pasan a lijado, luego se les da la forma de ataúd a las piezas y se prepara la armazón y figuras alegóricas grabadas completas comenzando por la tapa del ataúd. Luego pasa por cubrimiento, pintura, goma y acabado de polyester, pasan por un control de calidad, luego son acolchadas por dentro y se le colocan manecillas de metal, para posteriormente ser empacado. Cabe resaltar que la empresa solo funciona como maquiladora y no utiliza madera nacional, siempre esta es importada y no se dieron razones del porqué, se puede suponer que por cuestiones de calidad y tramites.

Efiforest

Empresa que produce los camastrones que utiliza Camas Olympia. Su proceso comienza manejando un control de entrada en el cual se recopila información de la madera entrante, esto es para asegurarse que sean fuentes limpias y legales, solo dejan entrar con orden de envío respaldados por INAB o CONAP, el cual contiene número de

registro, proveedor, nombre del piloto y placas del camión. Los camiones pasan al área de materia prima, donde una garra coloca piezas de 4 pulgadas y media y 6 y media pulgadas, esto se debe al tipo de producto (camas). Se maneja troza y tronco a distinto precio, la madera se distribuye por proveedor y no se compra con nudo de corona. Se tiene plan de fumigación interno y externo de la medara y se rota de acuerdo a especies, generalmente subtipos de pinos, 3 veces a la semana con un máximo de 7 días. Se consume madera de la dimensión larga 35,000 pies a la semana y cortas 25,000 pies. Se tienen 400,000 pies en inventario, el máximo ha sido 2 millones de pies. El promedio de entrada de madera es de 50,000 pies diarios, y los proveedores son de Izabal y las Verapaces, con un 75% y 25% respectivamente, aunque estos números se llegan a invertir con frecuencia. Existe un costo de compra que permite mezclar precios para llegar a estos. SI la madera tiene mucho nudo o plaga, se devuelve y se hace carta de devolución. El proceso comienza en una planta que cuenta con 12 empleados, con el aserrío primario, se pasa la madera por una sierra que corta las orillas, aun aprovechables y vendibles, y se quitan del proceso rápidamente, de esto se transforman tablas terminadas en un 80% con su dimensión final. Se pasa a un proceso de secado natural con sol y aire en una colina donde se aprovecha el aire seco de la región. Se escogió por el tipo de producto, ya que no es madera expuesta sólo estructural. Cuando llega el invierno cuesta que seque, por lo que se trabaja la oferta y maximizar el trabajo según el ciclo forestal. Se mandan tablas terminadas como producto final.

Lignum

Fabricantes de la llamada madera impregnada Lignum, se basan en su producción, compra y venta en las normas SPIB así como en una normativa interna, lo que le ha posicionada como líder en madera tratada del país. Para la producción de postes se aplica además la normativa ANSI. Se comienza en un patio de materia prima con solamente pino del tipo caribe, maximinoi y ocarpa, ya que son lo que mejor se adaptan a la impregnación. Luego se numeran de acuerdo al largo, mes, número y proveedor y se clasifican por medio de 6 clases: la primera es madera 14 x 14 en buen estado, la segunda 14 x 14 con algunos nudos, la tercera es de 8 x9 a 14 x 14 con nudos pequeños, la cuarta es de 7x7 y 8x9 si nudos, la quinta es de 7 x7, generalmente es escaso y está descontinuado, y la tipo 6 es madera defectuosa. Toda esta madera llega en parte de fincas propias en jala y Cobán, el resto es de fuentes externas. La proporción de compra es 50 -50 a 20 -70 ya que esta varía. La empresa colabora con la reforestación y un 3% se exporta, el resto es de venta local. Cada viaje debe tener 25% del tipo seis como máximo, si no se reduce el precio. Las tipo 2,4 y 3 sirven para prefabricados y se castiga 1 pulgada de diámetro al pagar la madera. Se pasa reporte para saber cuánto se produce, por lo general es un promedio de 23,000 pies diarios. Se trabajan 2 líneas que sacan bloques cuadrados de madera y se tiene un departamento de alineamiento, recorte y afilado de las sierras, así como de polinado para secado de madera. Se debe lograr un 60% de rendimiento en troza mínimo y el resto va para aserrín o leña. Se logra un 70 a 75% actualmente ya que se aprovechan las orillas para hacer la celosía y la madera con desperfectos se usa para construcción. El aserrín sobrante se manda a un depósito para venta posterior. La madera a procesar se pasa por horno de leña para secado, luego se le da forma en carpintería ya sea en tablas o en celosía. Se usa mucho viga laminada, que s la unión de varias vigas en una grande, ya que el mercado pide troncos gruesos, largos y anchos, generalmente de 6x12x30 pies de volumen. También se hacen puertas, bancos y paneles para casas prefabricadas. Las tablas grandes se secan y se cepillan por todos lados y las piezas chiquitas se endientan y pegan con cola para crear piezas mas grandes. Todas luego pasan por un segundo secado para el centro de la tabla, luego se realiza el impregnado con cobre, cromo y Arsenio diluido en agua y se le aplica una pintura especial para distinguir que es madera Lignum.

Visita a MYMSA

Información general:

Fue fundada en 1939 en la Avenida Bolívar, su giro es proveer al mercado Centroamericano con madera dimensionada y productos forestales. Las instalaciones de MYMSA contienen aserradero, área de impregnación y sala de ventas. Es uno de los distribuidores más grandes del sector urbano. La empresa busca crecer dentro de un ambiente de negocios dinámico y globalizado a través de la atención al cliente, la diversificación del negocio y el mercadeo agresivo.

Procesos realizados por el aserradero:

- Pino
  - Consumo de madera dimensionada en la construcción guatemalteca.
  - Impregnado de pino
- Ciprés:
  - Dimensionado para uso en vigas, columnas, cielos falsos, zócalos.

General:

- Machimbres, forro y molduras.

La madera pasa por un proceso de corte
En máquina dirigido por un operario, para Obtener madera dimensionada.

La madera es ingresada a un horno luego de la impregnación, esto ayuda a una absorción más rápida.

Materia prima antes de ser trabajada
En patios de la empresa.

Tableros producidos:

- MDF
- Melaminas
- Plywood Impregnado
- Aglomerado
- MUF
- Plywood

Varillas producidas como producto final

Para la venta.

Celosía terminada para pérgolas o muebler

Proceso de impregnación

La madera utilizada para la impregnación es el pino. La empresa cuenta con dos equipos de impregnación y 3 hornos de pre-secado utilizados para acelerar el proceso final de secado. Los químicos para impregnación provienen del Chemical Specialties Inc. USA. Se procura utilizar pino de la mejor calidad, esto es sin nudos o sin la llamada mancha azul, un tipo de hongo.

Trabajos de carpintería: la empresa produce los siguientes productos ya terminados.

- Pérgolas
- Kioscos
- Mueblería de intemperie e interior
- Juegos para niños.
- Puertas
- Carpintería general.

Muebles finales fabricados con celosía.

Casita para niños en venta final.

Maderas comerciales: La empresa se encarga de un amplio rango de maderas aparte del pino y ciprés, la mayoría se trabaja para ser vendida en tablas posteriormente, a continuación la variedad de maderas para la venta:

- Teca
- Santa María
- Cedro
- Palo Blanco
- Chichipate
- Conacaste
- Caoba

Fontana de Trevi S.A.

Información general.

Ubicada en Km 111 ruta al Atlántico, Usumatlán Zacapa, sitio apto para el secado de madera debido a la aridez del lugar. La empresa fundada por una empresaria italiana, el producto es enviado a Italia. El producto terminado son ataúdes de gran calidad para importación.

Características de la producción

La producción tiene varios procesos, de modo que la variedad de ataúdes sea lo suficientemente extensa. La fábrica se caracteriza por su limpieza y orden, además de contar con una cadena de producción bastante detallada y con pasos definidos. La madera es solamente importada, no se utiliza madera nacional.

Producción de los ataúdes:

Tanto madera fina como caoba o ciprés, como madera de relleno como pino con nudos, es introducida a hornos de secado. Luego, se realizan las planchas principales pegadas con cola, proceso de 2 horas.

Madera pegada en planchas con cola.

Ejemplo de madera de alta calidad cubriendo una plancha de menor calidad

Planchas de pino con la forma final de

Las tablas de pino se colocan como caja y se recubren con madera más fina (caoba o cedro) en el exterior. Se pasa al área de pintura y acabado, donde se barniza y se imprimen formas en la caja.

Luego pasan a control de calidad, se acolchonan por dentro para finalmente ser empacadas.

CERTIFICADOS DE ORIGEN Y CERTIFICADOS FITOSANITARIOS

Dependiendo del tipo de mercadería y el país destino al que se enviará, el exportador deberá también adjuntar los certificados que puedan ser requeridos por éste. Por ejemplo, los certificados que se tramitan a requerimiento del país de destino en la VUPE (Oficinas Centrales), son los siguientes:

- Certificados de Origen: Para la Unión Europea, Estados Unidos, Puerto Rico, Colombia, Venezuela y Cuba.
- Certificados Fitosanitarios y Zoosanitarios.

Los certificados que se tramitan a requerimiento del país de destino en la VUPE son:

• Certificados de Origen: Para la Unión Europea, Estados Unidos, Puerto Rico, Colombia,
Venezuela y Cuba, se solicitan personalmente en la Ventanilla Única para las Exportaciones en su oficina central.
• Certificados Fitosanitarios y Zoosanitarios: actualmente se tramitan en la Ventanilla Central llenando una solicitud para el efecto. Para las empresas que cuentan con el programa SEADEX, próximamente podrán enviar la solicitud por vía electrónica.
• Certificados de Libre Venta: se tramitan en el Ministerio de Salud Pública.

Para gestionar el Certificado Fitosanitario debe presentarse una carta timbrada por parte de un Ingeniero Agrónomo que sea colegiado activo en la cual haga constar que el producto está libre de plagas, así mismo se debe llenar un formulario para obtener el certificado.

De igual forma debe realizarse la fumigación de los productos a exportar y obtener un certificado de fumigación, el cual se le trasladará al agente de carga para el traslado de la misma.

REQUISITOS DE IMPORTACIÓN DE MUEBLES A MÉXICO

En caso de los muebles que sean usados o con apariencia de usados o antiguos, o nuevos sin laquear, barnizar, pintar, aceitar u otro recubrimiento de acabado requieren certificado fitosanitario e inspección ocular.

En caso de que sean nuevos laqueados, barnizados, pintados, aceitados o con otro recubrimiento de acabado sólo requieren inspección ocular.

Procedimiento:

1. Identificar que la mercancía requiere Certificado Fitosanitario Internacional (de acuerdo al fracción arancelaria a la que pertenezca).
2. Notificar al cliente y solicitarle que tramite ante la Subsecretaría de Gestión para la protección Ambiental, el documento denominado "SOLICITUD DE CERTIFICADO FITOSANITARIO DE IMPORTACIÓN", por cada trámite que realice; anexando a la Original de esta solicitud:
   - Copia de pago de derechos.
   - Original o copia del Poder Notarial del Representante Legal que realice el

   Trámite ante la oficina de Dirección General Forestal.

   - Solicitar el documento tramitado.
   - Programar la fumigación del embarque, si así lo requiere.

- Solicitar a la oficina de la Procuraduría Federal del Medio Ambiente PROFEPA, que ejecute la inspección ocular del embarque.
- Pagar servicios que presta la PROFEPA.
- Asistir conjuntamente con el inspector de la PROFEPA a la revisión de la mercancía.
- Recoger en las oficinas de la PROFEPA el registro de trámite de verificación que se anexará al pedimento para el despacho de las mercancías.
- Certificado Fitosanitario expedido por la Dirección Gral. de Gestión Forestal y de Suelos o las Delegaciones Federales de la SEMARNAT e inspección PROFEPA.

REGLA DE ORIGEN

En el Tratado de Libre Comercio México - TN se negoció un régimen general par determinar el origen de los bienes, el cual está contenido en el Capítulo VI del Tratado.

En el Anexo de dicho capítulo se incorporaron las reglas específicas para cada bien, atendiendo a la integración de los procesos productivos de la región (estas reglas y el resto del texto del Tratado puede consultarse en www.sieca.org.gt o en www.mineco.gob.gt).

Con objeto de asegurar que los beneficios acordados en el Tratado de Libre Comercio México - TN no se extiendan a los bienes de terceros países y que los controles sobre las operaciones efectuadas bajo el TLC no representen un obstáculo al comercio, los países acordaron establecer un proceso de certificación de origen uniforme. Dentro de dicho proceso de certificación se acordó adoptar un formato uniforme de Certificado de Origen (CO), documento que servirá para certificar que un bien, importado a cualquiera de los países bajo el Tratado, califica como originario y así pueda gozar de las preferencias arancelarias del mismo.

Elaborado por:
Marissela Chacón
Comisión de Fabricantes de Muebles y Productos Forestales
Tel: (502) 2422-3428
E-mail: marissela.chacon@agexport.org.g

Ejemplo de Certificado de Origen Forma A

50.2. APÉNDICE ―Capítulo 21

MATERIA PRIMA

Se ha seleccionado la especie Pinus Oocarpa, por las propiedades de su madera mencionadas en el anexo, que permiten un mueble de bajo costo de buena calidad. Ésta es una subespecie endémica de Guatemala la cual por ser exótica en el extranjero genera alta utilidad en la venta de exportación al ser parte de un producto de valor agregado. Además esta es cultivada y vendida por la FEDECOVERA, con sede en Cobán, lugar donde se ubica la empresa modelo. La madera ofrecía cuenta con las siguientes especificaciones:

- Certificado FSC
- Cepillado a ¾ de pulgada
- Precio FOB Q 4.25/pie tablar, con rebaja a Q4.00 pie por el volumen de compra que necesita la empresa. Incluye IVA.
- Alta calidad (bajos nudos, agua madera)

Figure 18. *Pinus oocarpa* at Mountain Pine Ridge, Cayo District, Belize.

Para el barniz se decide usar el de poliuretano simple (un solo componente) de acabado mate, el cual es de fácil aplicación ya que no requiere catalizador. Se busca por la excelente resistencia que ofrece al maltrato, apto para el tipo de mueble knockdown a fabricar. La marca seleccionada es Sherwin Williams.

Rendimiento teórico: 8,8 m2 por litro aplicado a 1 ml/s seca en superficies lisas sin desperdicios.

En aplicaciones por aspersión, las pérdidas de material pueden alcanzar hasta un 70%.

- Sólidos en peso 32 ± 2%
- Sólidos en volumen 22 ± 2%
- Tiempos de secado: @ 25°C, 50% humedad relativa, aplicado a 1,5 mils. Húmedas. Al tacto 20 minutos
- Para recubrir 1 hora
- Viscosidad: 20-25 seg. C.F. #4

Para el área de barnizado se deben tener las siguientes condiciones y herramientas para su aplicación:

- Temperatura ambiente: Mayor a 10°C
- Temperatura de la superficie: La superficie no deberá estar caliente.

Humedad relativa: Menor a 85 %

- Los rayos del sol nunca deberán incidir de forma directa en la superficie al momento de aplicar el barniz.

La superficie se debe trabajar con lija para madera No. 120 ó 150 y luego con lija de agua No. 400 en seco siempre en dirección de la veta, hasta que se obtiene una superficie tersa y limpia, se pasa luego al área de secado. Al ser mayoristas se tiene el precio de descuento de 20 litros a Q 3014.09.

Especies endémicas de Guatemala

NOTA: Las especies son endémicas del país, especialmente en las áreas de las Verapaces donde se desea trabajar el proyecto.

Pinus Oocarpa:

Porte: alcanza alturas de 45 m y DAP de hasta 1 m, con fuste recto y cilíndrico.

Copa: irregular, ramas finas y relativamente ralas, las inferiores horizontales, las superiores más ascendentes.

Corteza: color rojizo oscuro a grisáceo, fuertemente fisurada, se exfolia en bandas largas e irregulares, escamosas.

Hojas: en forma de aguja, en grupos de cinco (ocasionalmente 3 o 4) , de 14-25 cm de largo, erguidas, gruesas y ásperas, con bordes finamente aserrados.

Flores: pequeñas, en inflorescencias terminales en la parte superior de la copa, y las masculinas en las ramas inferiores.

Frutos: los conos son fuertes y pesados, ovoides a globosos, de 5-10 cm de largo, de color café oscuro, a veces con tinte verdoso, lustrosos, con escamas leñosas, en grupos de dos a tres en la rama. Las semillas son triangulares, pequeñas (4- 7 mm de longitud), color café oscuro, con una ala membranosa color café de 10-12 mm de largo.

La madera es moderadamente pesada (0.42-0.60 g/cm3), de textura fina, brillo mediano a alto. Muestra una ligera diferencia entre la albura, de color amarillo cremosos, y el duramen, de color café pálido. El veteado es pronunciado debido a que los anillos de crecimiento son típicamente visibles. Presenta un olor característico (debido a la resina) pero no sabor. Es fácil de secar, aserrar y trabajar, y se puede preservar por cualquier método. El duramen es moderadamente resistente a la pudrición blanca y café, es resistente al ataque de termitas y soporta la intemperie, no así la albura.

Pinus Caribaea

Porte: árbol que alcanza alturas de 30 m y diámetros de hasta 75cm, aunque en sitios óptimos puede alcanzar alturas de hasta 45m y dap de 135cm, con fuste recto y limpio de ramas en los primeros 12m o más cuando adulto.

Copa: piramidal, con ramas bajas horizontales o caedizas y ramas superiores ascendentes. Corteza: en árboles adultos es gruesa, pardo rojiza, y forma placas ásperas con profundas fisuras verticales y horizontales. En árboles jóvenes la corteza es más rojiza, áspera y escamosa.

Hojas: en forma de aguja, en fascículos de tres (algunas veces 2, 4 o 5), de 15-25 cm de largo, rígidas, verde oscuro a verde amarillento.

Flores: los estróbilos masculinos son numerosos, sésiles, cortos, agrupados cerca del final de las ramillas principalmente en la sección inferior de la copa, de 20 a 32 mm de largo, con brácteas pardo rojizas en la base. Los estróbilos femeninos se localizan mayormente en la parte superior de la copa, cerca del ápice de ramillas alargadas.

Frutos: los conos son simétricos, péndulos, 4- 14 cm de largo, 2.5-4.8cm de diámetro cuando están cerrados, aparecen solos o en grupos de dos a cinco, con pedúnculos de 1-2 cm de longitud, color café cuando maduran. Las semillas son angulosas, ovoides, puntiagudas, de 6mm de largo y 3mm de ancho en promedio, color gris moteado o café claro. Tienen una ala membranosa color café de hasta 25mm de largo.

La madera es moderadamente liviana, de coloración clara, con tonos desde amarillo a amarillo-naranja en la albura y de naranja oscuro a café rojizo en el duramen; textura media a áspera, de grano recto, lustre medio. Fácil de trabajar con maquinaria, aunque la resina puede causar algunos problemas. Fácil de clavar, unir, moldurar y tornear, si está libre de resina. Produce resina de buena calidad para la producción de terpentina y otros productos.

Pinus tecunumanii

Porte: puede alcanzar alturas de hasta 55 m y DAP de 50-90cm con fuste recto y limpio de ramas hasta 40-60% de su altura. Es considerado el pino con mejor forma del fuste de todos los pinos de México y América Central.

Copa: pequeña o compacta, cónica, con ramas delgadas y cortas.

Corteza: gris rojiza, áspera y fisurada en la base del fuste, más lisa y rojiza en la parte superior; se exfolia en escamas, exponiendo la corteza interna de color rojo anaranjado.

Hojas: en forma de aguja, en grupos de cuatro (algunas veces 3 o 5), de 12-25 cm de largo, más o menos pendulosas, abiertas, de color verde claro.

Flores: las flores masculinas ocurren al final de las ramitas; las femeninas son cónicas, pequeñas, de color café claro verdoso, con pedúnculos largos y delgados, escasos y dispersos en la copa.

Frutos: los conos son pequeños (7x3.5cm), brillosos, con apariencia barnizada, solitarios, o en pares y ocasionalmente en grupos de tres. Las semillas son puntiagudas, pequeñas, color café claro, jaspeadas, con una ala membranosa color café claro, con rayas oscuras, muy quebradiza.

La madera es moderadamente pesada (0.51-0.56), castaño amarillenta, textura fina, grano recto, brillo bajo, con menor contenido de resina comparada con P. caribaea o P. elliottii. Es fácil de secar, preservar y trabajar, y moderadamente resistente a hongos. Olor característico resinoso, pero no sabor. Para producción de pulpa, muestra propiedades similares a otros pinos tropicales. Produce resina de buena calidad para la producción de terpentina y otros productos.

Cupressus Lusitanica (Cipres)

Descripción: Árbol siempre verde de 30 o más m de alto. Su corteza rojiza se desprende fácilmente. Hojas diminutas (1 mm) de color verde oscuro a blanquecinas. Conos pendunculados, de forma globosa, con 6 a 8 escamas. Semillas amarillentas. Tiene conos todo el año.

Propagación: Crece en suelos fértiles y bien drenados, preferiblemente al sol. Se puede propagar por semillas o por vástagos. Sus semillas maduran al segundo año y son recolectadas directamente del árbol, todavía en los conos. Los conos se secan al sol durante dos o tres días, a razón de 3 o 4 horas diarias. Luego se ponen en agua para escoger las semillas que no flotan. Estas se secan después durante otras tres horas. No requieren tratamientos pregerminativos antes de reventar. Se pueden sembrar en tablones de arena fina y cubrirlas levemente. Las semillas germinan entre 10 y 30 días. El transplante se hace cuando las plantas alcanzan los 0.8 cm de Altura. Se pueden podar las raíces para inducir su desarrollo. Las plantas deben estar en la sombra las primeras semanas y luego ser trasladadas a pleno sol. Se recomiendan fertilizantes y un buen control de las malezas durante los primeros años de crecimiento.

Usos: Este árbol se usa como ornamental en jardines, terrenos y fincas. Dado su denso y rápido crecimiento, suele utilizarse también en cercos vivos en muchos lugares del país. Debido a su dureza, su madera es una de las más aprovechadas en carpintería y en construcción. Es de color amarillo rojizo, con anillos visibles, textura fina y un veteado suave. También se utiliza como leña. De él se puede extraer aceite para aromatizar jabones, desodorantes y otros productos. Las hojas se emplean para hacer adornos y coronas, especialmente por Navidad. En otros países centroamericanos existen plantaciones de pequeños arbolitos navideños. En El Salvador se usa con carácter

medicinal, para tratar las cicatrices y curar el sarampión. (Manual técnico INAB, 2000) (Arboretum, UFM)

Cybistax donell-smithii (Palo blanco)

Descripción: Árbol deciduo mediano a grande que alcanza 28-37 m de altura, con DAP de 50 cm. Hojas compuestas, opuestas, con cinco pequeñas hojuelas. Flores amarillas brillantes, de 2.0-2.5 cm de ancho, que se agrupan al final de las ramillas. El fruto es una cápsula cilíndrica rugosa de color verde-amarillento cuando está madura. Las semillas son delgadas, planas y rodeadas de un ala ligera.

Es un importante árbol maderable que alcanza un elevado precio. La madera es color crema, amarilla o marrón pálido, a menudo con bandas, sin una transición clara entre la albura y el duramen. El grano es recto y la textura media a gruesa. El peso específico es de 0.44 g/cm3. La madera seca al aire rápidamente, con pérdida mínima de calidad. Se puede serrar y trabajar con facilidad y se obtienen buenos acabados.

Cedrela Odorata (Cedro)

Árbol que crece hasta 30-40 m en altura y 100- 300 cm DAP, con fuste cilíndrico. La forma depende de la profundidad del suelo, pues en suelos poco profundos desarrolla un extenso sistema radical superficial y aletones bien desarrollados, mientras que en suelos profundos y fértiles las raíces son profundas y el tronco aflautado. La copa es amplia y rala. Las hojas son alternas, compuestas, paripinnadas, con 5-11 pares de hojuelas, lanceoladas a ovaladas que miden 5-16 cm de largo. Las flores son blanco verdosas, agrupadas en racimos de 30-50 cm al final de las ramas.

Las cápsulas son inicialmente verdes y cambian a café oscuro cuando maduran. Son leñosas, redondeadas en ambos extremos y se abren a lo largo en 5 partes, cada una conteniendo 30-40 semillas. Las semillas son planas, ovoides, con un ala y miden 5-6 mm (18-20 mm incluyendo el ala). Se reconoce bien al machacar las hojas entre las manos pues dejan un cierto olor a ajo (mucho más fuerte durante la fase de máxima floración). También por la corteza de los adultos, muy fisurada a lo largo.

La albura es de color pardo amarillento y el duramen beige rosado a pardo rojizo. Es decorativa, de superficie brillante, olor aromático y sabor amargo. La madera tiene densidad media a alta: 0.33-0.60. Textura media, lisa al tacto, grano recto a ligeramente entrecruzado. Sus propiedades mecánicas son de muy bajas a bajas. Duramen moderadamente durable y difícil de preservar. La albura es fácil de preservar. Resistente a las termitas pero no a barrenadores marinos. Fácil de secar, con velocidad moderada (16 día al aire hasta tasa inferior al 20%) y ligeros defectos como arqueaduras y torceduras. Fácil de trabajar con maquinaria y herramientas manuales: aserrar, cepillar,

tornear y lijar y los acabados son excelentes. Fácil de encolar y retiene bien los clavos y tornillos.

Tectona Grandis (Teca)

Aspecto: La madera de teca es de albura blanquecina y duramen amarillento o broncíneo. La fibra es generalmente recta, aunque en raras ocasiones puede presentar fibra ondulada que es habitual de la procedente de la India. El grano es grueso con presencia de tasas de sílice variables. Posee un tacto aceitoso y recién cortada tiene un fuerte olor a cuero viejo que desaparece en gran medida al secarse.

Propiedades: La teca tiene una densidad entre 650 y 750 kg/m3, con una media de 690 kg/m3 al 12% de humedad. Se considera una madera pesada y de dureza media. Tiene una resistencia media a la flexión, poca rigidez y resistencia al impacto, una resistencia alta a la comprensión y un grado moderado de doblado con vapor.

La velocidad de secado de la madera de teca es lenta y varía en función de la densidad. En general, se trabaja bastante bien tanto a mano como a máquina, aunque el aserrado y cepillado de la madera desgasta rápidamente las herramientas a causa de su alto grado en sílice. El encolado presenta dificultades elevadas debido a su elevado contenido en oleorresinas.

Aplicaciones: Nombrada como la Reina de las Maderas, entre los conocedores, pues su apariencia se hace más bella con el paso de los años y tiene la capacidad de no dañarse cuando entra en contacto con metales, lo que la hace muy valiosa para la fabricación de muebles de alto valor y embarcaciones lujosas. La teca disfruta de muy buena reputación, bien merecida, por su alta resistencia y durabilidad. Presenta una gran estabilidad en ambientes cambiantes, no se agrieta ni se pudre, y resiste a la acción de los hongos, xilófagos e incluso a algunos ácidos. Estas características son las que hacen posible que la madera de teca esté considerada como una de las más valiosas del mundo y goce así de múltiples aplicaciones:

- Chapas para recubrimientos decorativos
- Mobiliario y ebanistería
- Carpintería interior: suelos, frisos, escaleras
- Carpintería exterior: revestimientos, ventanas
- Construcción naval: embarcaciones ligeras
- Puentes: elementos en contacto con el suelo o el agua
- Tornería: piezas curvadas
- Recipientes resistentes a los ácidos

Costo de salarios y prestaciones anuales—Operarios

Máquina	**No. de Operarios**
Cabina de Pintura con cortinas de agua	2
Talladora de Madera CNC	2
Equipo de Preensamblado	2
Máquina de Secado	2
Maquinaria de Empaque y Flajelado	2
Total Operarios	10

Salario Mensual	Q3,250.00
Salario/dia	Q108.33
Hora ordinaria	Q13.54
Hora extra	Q20.31
Hora extra-extraordinaria	Q27.08

Semana de trabajo normal	Cantidad	Costo
Horas ordinarias	48	Q650.00
Horas extra	0	Q0.00
Horas extra-extraordinaria	0	Q0.00
Total		Q650.00

Séptimo día	Q108.33
Salario Anual sin prestaciones	Q39,433.33

Prestaciones	
Aguinaldo	8.33%
Bono 14	8.33%
Pasivo	8.33%
IRTRA	1.00%
IGSS	10.67%
INTECAP	1.00%
Capacitacion	8.33%
TOTAL	45.99%

Prestaciones Anuales	Q18,135.39
Salario Anual con prestaciones	Q57,568.72

Costo Anual por operario	Q57,568.72
No. De Operarios	10

Prespuesto Operarios	**Q575,687.23**

Costo salarios y prestaciones anuales—Resumen

Puesto	Personas	Salario Mensual (Q.)	Costo Anual
Operario	10	3250	Q575,687.23
Bodeguero	1	3250	Q57,568.72
Supervisor	1	5000	Q88,567.27
Mantenimientoy Limpieza	1	2094	Q37,091.97
Guardianes de Garita	2	2094	Q148,367.89
Recepcionista	1	3500	Q61,997.09
Vendedores	2	4500	Q318,842.16
Capacitación	1	5000	Q88,567.27
Secretaria RRHH	1	3500	Q61,997.09
Contador	1	5000	Q88,567.27
Gerente de Operaciones	1	14500	Q256,845.07
Gerente General	1	25000	Q442,836.33
Total	23		Q2,226,935.35

Guatemala, 9 de septiembre de 2011

Asistentes:
Rosamaría Monzón
Rodrigo Luján
Eduardo González

MINUTA DE REUNION
Entrevista con Rosamaría Monzón

La reunión está pactada para tomar lugar en las instalaciones del Edificio de la AGEXPORT ubicada en 15 av. 14-72 z. 13 de 1100 hrs. a 1230 hrs.
Se asistió puntualmente a la reunión. Sin embargo, Rosamaría Monzón había tenido un atraso con una reunión previa. Dado el atraso y la imposibilidad de continuar esperando por compromisos laborales, se decidió retirarse y enviarle un correo para solicitarle la información vía correo electrónico.

Los temas que se esperaban mencionar en la reunión son y las respuestas electrónicas son las siguientes:

- Demanda potencial de muebles knockdown (¿Cuánto es lo máximo que podría producir y exportarlo?) Considerando exportación a USA, Europa y Centroamérica
  - No exportan muebles knockdown. Los pioneros en este tema es la empresa Productos de Madera SINAI. Ellos trabajan muebles con tableros de aglomerado y melanina. No venden a USA, sino que a Centroamérica.

- ¿Qué precio se le podría poner a una mesa knockdown fabricada de pino que solamente se da en Guatemala (para que sea algo "exclusivo"), barnizada y con un detalle tallado?
  - No cuenta con la información y menos si es con pino. Esto se puede trabajar con un empresario en Cobán que es el Sr. Markus Reinhard quien está fabricando productos de pino y los vende desarmados a CEMACO. Se puede conseguir una

entrevista a su correo markus@tontem.com, mencionando que la referencia fue el Arq. Porras.

- ¿Cuáles serían las características demográficas de los clientes potenciales?
  - No manejan esta información
- ¿Alguna recomendación para el diseño del producto y preparación del pre-ensamblado?
  - No manejan esta información
- Información de exportación: ¿Fletes? ¿Impuestos? ¿Trámites o ayuda que brinde el INAB?
  - Se está trabajando un Manual para exportar. Le envió copia de correo a Marissela Chacón para que enviara una con el entendido que todavía no es un documento final.

- Precios de distintos tipos de madera de pino en el mercado local.
  - No maneja información de precios pero refiere con Francisco Escobedo de la Gremial Forestal o Wilfredo Villagran del INAB.

Habiendo logrado la obtención de la información deseada, se da por concluida la reunión virtual.

EG
Guatemala, 16 de enero de 2011

Asistentes:

Rosamaría Monzón	Roberto Godo	Rodrigo Luján
Carlos Porras	Alejandra García	Melissa Melville
José Ovalle	Paola Sempé	Wilfredo Villagrán
Massiel Priego	Eduardo González	

MINUTA DE REUNIÓN
Reunión de la
COMISIÓN DE COMERCIO DEL CLÚSTER FORESTAL

La reunión toma lugar en el Salón Capacitación I en las instalaciones del Edificio de la AGEXPORT ubicada en 15 av. 14-72 z. 13 de 0850 hrs. a 1130 hrs.

Palabras de bienvenida del Arq. Porras. Breve discusión de software para agilizar gestión de información de fabricantes de muebles. Eduardo González propone el uso del software Open For Business (O4B) y ASPROVA y el Ing. Godo menciona el software ARENA. El Ing. Godo plantea que, en la Feria de la Proveeduría (FDLP), él debería de presentar el panorama global para luego dar espacio a la presentación de Análisis de la Industria Forestal en Guatemala y luego dar espacio al Manual de Buenas Prácticas. Se discute la fecha y hora de la participación en la FDLP. El jueves es el primer día y el viernes es la cúspide del evento. El Ing. Godo informa que el objetivo de la participación en la FDLP es informativo y un primer acercamiento. Además se discute el costo de la impresión de manuales y trifoliares que oscilaría en aproximadamente Q.30,000 entre mil y tres mil ejemplares. El Arq. Porras propone involucrar al INTECAP y ellos imprimen porque es capacitación y se incluye su logo. Crear triangulación INTECAP-UVG-INA para cursos de capacitación y realización videoteca con Señor Pérez de INTECAP. Villagrán ofrece apoyo al manual de por medio de los cursos que imparte el INAB. Sugerencia de consultar Ley PINPEP. Programa ERP con Luis Furlán. Bonos verdes. Contacto con Lorena Córdoba de MARN o Vivian Villegas de AGEXPORT.

Se prosigue a la exposición de avances de los estudiantes de la UVG. Arq. Porras sugiere hacer un benchmarking de los conferencistas mexicanos, bolivianos y brasileños que participarán en la FDLP. Los miembros del clúster sugieren varios contactos para las entrevistas que servirán para recopilar distintos puntos de vista de la problemática del sector. Ing. Villagrán presenta la idea de enfocarse solamente en una problemática y ahondar en lugar de abarcar todos los problemas del sector. Rosamaría Monzón recomienda investigar en SIFGUA y expone básicamente las estadísticas disponibles. Se discuten las distintas problemáticas del sector. Arq. Porras menciona que antes se exportaba más madera aserrada que muebles. Se menciona que la principal falta de información está en las ventas internas y que solamente se tiene información de las exportaciones. No habiendo más que tratar, nos retiramos.

EG
Guatemala, 19 de enero de 2011

Asistentes:

Rosamaría Monzón	Ing. Roberto Godo
Arq. Carlos Porras	Alejandra García
José Ovalle	Paola Sempé
Massiel Priego	Eduardo González

MINUTA DE REUNIÓN
Primer Reunión de la
COMISIÓN DE COMERCIO DEL CLÚSTER FORESTAL

La reunión toma lugar en el Salón Agrícola en las instalaciones del Edificio de la AGEXPORT ubicada en 15 av. 14-72 z. 13 de 0830 hrs. a 1030 hrs.
Se establece que el objetivo principal es desarrollar un Trifoliar que explique en forma breve y con ilustraciones las buenas prácticas. Éste se apoyará en el Manual General de Buenas Prácticas en el que ya se profundizará en los detalles. El Ing. Godo vuelve a proponer el enfoque a análisis de sector forestal en Guatemala a lo que se le responde que es un trabajo que ya está hecho. El Ing. Godo argumenta que es necesario una unificación de documentos de este tipo para tener un documento propio de la Universidad del Valle de Guatemala (UVG). El Arq. Porras hace la mención que se advirtió que era un trabajo que ya está elaborado y lo hizo constar. Rosamaría Monzón menciona que se debe establecer un cronograma de trabajo. Además solicitó que se entregue el folleto o trifoliar que se repartirá en la Feria de la Proveeduría 2011 (FP2011) lo más pronto posible para evitar recargar a la encargada de diseño. El Arq. Porras propone una entrada ecológica que ponga en ambiente a todos los visitantes a la FP2011. En otro tema, Rosamaría pidió el apoyo del Ing. Godo para pedir fondos en el CONCYT. Se establece que la FP2011 será un canal para poner información introductoria del tema y en la FP2012 ya se presentará el Megaproyecto en su formato final. Arq. Porras enfatiza que para que este proyecto tenga impacto se le debe promocionar debidamente. El Ing. Godo pide apoyo de José Ovalle del INAB para obtener información de las especias de madera más importantes en Guatemala. Además, propone cambiar el método de Esfuerzos Admisibles con Factor de Seguridad por el método estadístico de Esfuerzo Último por que este último toma en cuenta la deformación. También recomendó a los estudiantes hacer una cita con Wilfredo Villagrán. Para terminar, manifiesta su interés en participar en concurso de optimización de uso de la madera de Maderas El Alto. Habiendo terminado el punto de la sesión que concierne a la UVG, nos retiramos.

EG

Guatemala, 31 de enero de 2011

Asistentes:
Eduardo González
Rodrigo Luján
Ing. Wilfredo Villagrán

MINUTA DE REUNIÓN
REUNIÓN EN INAB

La reunión toma lugar en la Unidad de Fomento en las instalaciones del INAB ubicadas en 7ª av. 6-80 z. 13 de 1100 hrs. a 1145 hrs.

El Ing. Villagrán nos da la bienvenida y pasamos al salón de conferencias, donde se le explica que el proyecto tendrá dos enfoques, y que Luján y González estamos interesados en información para el diagnóstico del sector forestal en Guatemala. Nos explica que existen dos documentos que nos pueden servir de base para la elaboración de dicho documento. Estos documentos están basados en la Ley Forestal, la Política Forestal y la Agenda Forestal hasta el 2020. En estos, se explica claramente que se puede hacer, lo que se debe hacer y quién lo está haciendo y cómo para determinar qué hace falta, respectivamente. En el aspecto político, el Ing. Villagrán mencionó que algunas cosas no se llevan a cabo por falta de presupuesto.

Nos dirigimos hacia su oficina para obtener los documentos en formato digital para tenerlos a nuestra disposición. En ese momento, ofreció su ayuda para cualquier duda que surgiera y sugirió no quedarnos con las opiniones y recomendaciones de los expertos, sino plantear alternativas. Esto con el fin de extraer un poco más de información para evitar limitarnos porque muchas veces no se tiene una perspectiva clara por estar muy cerca del problema. Entonces, se podría tener un enfoque distinto del sector forestal. Hizo una aclaración que el documento de la Agenda Forestal podía estar incompleto pero solamente por algunas tablas y que, si surgiese algún problema, podríamos optar por fotocopias del documento impreso. Se mencionó otro documento pero, como éste no era oficial, no era posible tenerlo a nuestra disposición. Por último, nos entregó su tarjeta de presentación. Habiendo terminado la reunión, nos retiramos.

EG
Guatemala, 31 de agosto de 2011

Asistentes:
Ing. Álvaro Samayoa, MSc.
Rodrigo Luján
Eduardo González

MINUTA DE REUNIÓN
Entrevista con Álvaro Samayoa

La reunión toma lugar en las oficinas de EcoDesarrollo en la 3ª calle 6-00 A, Zona 15, Valles de Vista Hermosa, Ciudad de Guatemala, de 1530 hrs. A 1700 hrs.
De la reunión se pretende cubrir los siguientes temas:

- Explicación general del proyecto para estar en contexto
- Maquinarias necesarias
- Capacidad y dimensión de éstas
- Precios y proveedores: ¿Dónde se puede cotizar y/o obtener información?
- Información sobre exportación de muebles
- Consejos generales por parte de Ing. Alvaro Samayoa, MSc.
- Temas varios que surjan

Se discute que una potencial planta de productos de madera no debe estar localizada en Zacapa. Contrario a la creencia popular, el secadero artificial sí resulta beneficioso tanto en la factibilidad económica como en el control de temperaturas y humedades deseadas. En la decisión de secado natural vs. secado artificial, se deberá escoger el artificial, por lo que está justificada la inversión en secadores. Se menciona que existe la opción de trabajar en Petén por estar cerca de la materia prima certificada.

Se conversa acerca de la gran variedad de mercados que se pueden atacar en una empresa de muebles y se define en términos generales que sería interesante el estudio de un mueble knockdown. Éste se puede armar en la bodega de la fábrica por lo que ocupa menos espacio tanto en bodega como en transporte, lo cual disminuye costos. Este mueble tiene las siguientes características:

- Do-it-yourself
- Buen acabado
- Fabricado de pino exclusivamente guatemalteco

Para no cerrar la mente solamente al mueble knockdown de buena calidad y de especies de pino que son exclusivas de Guatemala, también se hace mención de los siguientes mercados que dejan claro que la tendencia actual es a segmentar el mercado:

- Muebles desarmables
- Puerta desarmable de madera fina
- Gabinete de cocina a base de Santa María y aglomerado
- Piso

No solamente se debe pensar en latifoliada sino también en pinos exclusivos. La producción de cualquiera de estos productos es rentable en la medida en que se produzca a grandes volúmenes para aprovechar las economías de escala. Se menciona el caso de las empresas que han llegado a estar tan especializadas que producen solamente patas de mesas. Se menciona que la maquinaria necesaria dependerá mucho del mercado que finalmente se desee cubrir, haciendo énfasis en lo ESPECÍFICO del mercado y de producción de GRANDES VOLÚMENES. Se observan videos de un viaje que Ing. Samayoa realizó a Europa para conocer empresas forestales. Queda en evidencia que el clima cálido que es tan valorado en Zacapa no tiene mayor influencia, puesto que se observa en los videos que las empresas están localizadas incluso en países que tienen inviernos nevados. No habiendo más que tratar, nos retiramos.

EG

50.3. APÉNDICE —Capítulo 23

Form. RNF-PO

REGISTRO DE PLANTACIONES OBLIGATORIAS

(PLANTACIONES POR COMPROMISOS DE REFORESTACION)

INSCRIPCION ☐ CORRELATIVO PO

ACTUALIZACION ☐ ESPACIO PARA EL REGISTRO NACIONAL FORESTAL

MARQUE UNA X DONDE CORRESPONDA

REQUISITOS

a) Presentar el formulario correspondiente, debidamente lleno;
b) Informe técnico que será practicado de oficio por orden de la Dirección Regional o Subregional, correspondiente;
c) Fotocopia de la Cédula de Vecindad del propietario o representante legal, en su caso.

A DATOS GENERALES

1. Nombre de la finca _____
2. Nombre propietario _____ Nombre Rep. Legal _____
3. Lugar para recibir notificaciones _____ Teléfono _____
4. Documento de propiedad
   Reg. De la propiedad No. _____ Folio _____ Libro _____ de _____
   Otra constancia de propiedad: _____
   (Documento extendido por la municipalidad local)
5. Coordenadas: Latitud_____ Longitud _____
6. Ubicación: Aldea _____ Municipio _____
   Departamento _____ Región _____ Subregión _____
7. Area total
   De la finca_____ Ha. Area con potencial forestal _____ Ha., _____ %.

B DATOS PARA PLANTACIONES ESTABLECIDAS POR COMPROMISOS DE REFORESTACIÓN

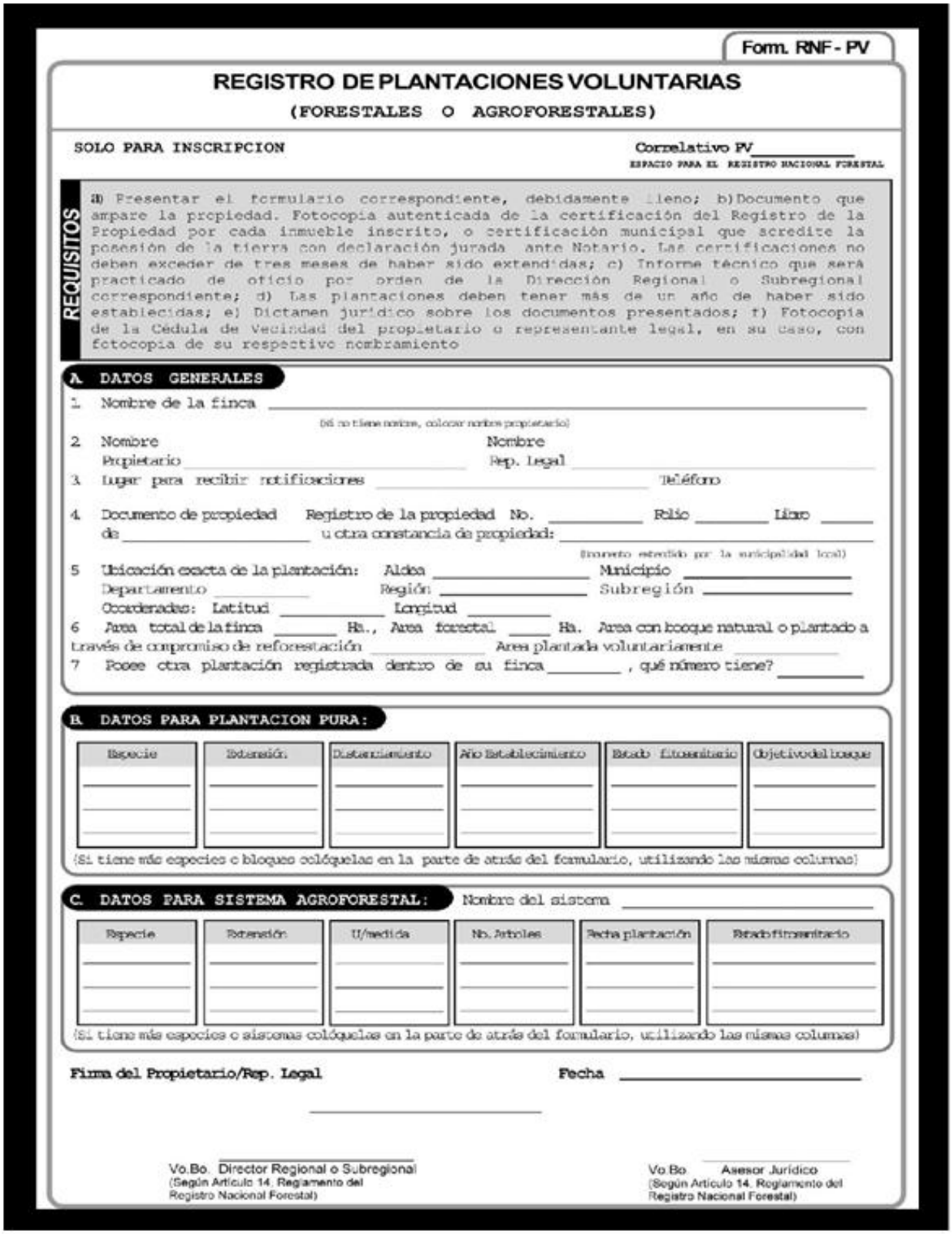
Especie	Extensión	U/medida	No. Arboles	Edad	Estado fitosanitario

No. de licencia _____

Firma del Propietario/Rep. Legal _____ **Fecha** _____

Vo.Bo. Director Regional o Subregional
(Según Artículo 14, Reglamento del Registro Nacional Forestal)

Vo.Bo. Asesor Jurídico
(Según Artículo 14, Reglamento del Registro Nacional Forestal)



Form. RNF - PV

REGISTRO DE PLANTACIONES VOLUNTARIAS

(FORESTALES O AGROFORESTALES)

SOLO PARA INSCRIPCION

Correlativo PV_____

ESPACIO PARA EL REGISTRO NACIONAL FORESTAL

REQUISITOS

a) Presentar el formulario correspondiente, debidamente lleno; b) Documento que ampare la propiedad. Fotocopia autenticada de la certificación del Registro de la Propiedad por cada inmueble inscrito, o certificación municipal que acredite la posesión de la tierra con declaración jurada ante Notario. Las certificaciones no deben exceder de tres meses de haber sido extendidas; c) Informe técnico que será practicado de oficio por orden de la Dirección Regional o Subregional correspondiente; d) Las plantaciones deben tener más de un año de haber sido establecidas; e) Dictamen jurídico sobre los documentos presentados; f) Fotocopia de la Cédula de Vecindad del propietario o representante legal, en su caso, con fotocopia de su respectivo nombramiento

A. DATOS GENERALES

1. Nombre de la finca _____
(Si no tiene nombre, colocar nombre propietario)
2. Nombre Propietario _____ Nombre Rep. Legal _____
3. Lugar para recibir notificaciones _____ Teléfono
4. Documento de propiedad Registro de la propiedad No. _____ Folio _____ Libro _____ de _____ u otra constancia de propiedad: _____
(Impuesto extendido por la municipalidad local)
5. Ubicación exacta de la plantación: Aldea _____ Municipio _____
Departamento _____ Región _____ Subregión _____
Coordenadas: Latitud _____ Longitud _____
6. Area total de la finca _____ Ha., Area forestal _____ Ha. Area con bosque natural o plantado a través de compromiso de reforestación _____ Area plantada voluntariamente _____
7. Posee otra plantación registrada dentro de su finca _____ , qué número tiene? _____

B. DATOS PARA PLANTACION PURA:

Especie	Extensión	Distanciamiento	Año Establecimiento	Estado fitosanitario	Objetivo del bosque

(Si tiene más especies o bloques colóquelas en la parte de atrás del formulario, utilizando las mismas columnas)

C. DATOS PARA SISTEMA AGROFORESTAL: Nombre del sistema _____

Especie	Extensión	U/medida	No. Arboles	Fecha plantación	Estado fitosanitario

(Si tiene más especies o sistemas colóquelas en la parte de atrás del formulario, utilizando las mismas columnas)

Firma del Propietario/Rep. Legal **Fecha** _____

_____

Vo.Bo. Director Regional o Subregional
(Según Artículo 14. Reglamento del Registro Nacional Forestal)

Vo.Bo. Asesor Jurídico
(Según Artículo 14. Reglamento del Registro Nacional Forestal)

Form. RNF - IF

REGISTRO DE INDUSTRIAS FORESTALES

INSCRIPCION ☐ ACTUALIZACION ☐ Año ____ Correlativo IF _____

REQUISITOS

a) Presentar el formulario correspondiente, debidamente lleno; b) Informe técnico que será practicado de oficio por orden de la Dirección Regional o Subregional correspondiente; c) Fotocopia de la patente de comercio autenticada con la especificación clara del objeto del negocio como actividad forestal, dirección exacta del sitio de funcionamiento; si es sucursal debe contar con su propia patente de comercio; d) Fotocopia del carné del NIT; e) Fotocopia de la Cédula de Vecindad del propietario o representante legal de la empresa, en su caso, con fotocopia de su respectivo nombramiento.

INSTRUCCIONES: Debe llenar **COMPLETAMENTE el formulario.** La industria debe iniciar operaciones para ser inscrita. Cualquier duda debe ser consultada con el técnico forestal. No se aceptan formularios incompletos.

A DATOS GENERALES

1. Nombre comercial (completo) _____
(TAL COMO ESTA EN LA PATENTE)
2. Registro Mercantil No. _____/_____/_____ NIT de la empresa _____
3. Objeto de la empresa: _____
(TAL COMO ESTA EN LA PATENTE)
4. Nombre del Propietario de la empresa _____
5. Nombre del Representante legal _____
6. Ubicación de la planta _____ Municipio _____
(TAL COMO ESTA EN LA PATENTE)
Departamento _____ Telefonos _____ Fax _____
7. OTRO REGISTRO FORESTAL: DEPOSITO No. _____ EXPORTADOR No. _____ OTRO _____
Dirección para notificaciones _____

B ESTADISTICA

8. Tipo de industria por su estacionalidad: ESTACIONARIA ☐ MOVIL ☐ CAMPAMENTO ☐
9. MATERIA PRIMA utilizada en el proceso de producción: Indique el tipo de producto y la cantidad en metros cúbicos anual.

TIPO DE PRODUCTO	Metros Cúbicos CONIFERAS	Metros cúbicos LATIFOLIADAS	→	TIPO DE PRODUCTO	Metros Cúbicos CONIFERAS	Metros cúbicos LATIFOLIADAS
Madera en rollo (total)						
Madera aserrada						

10. Tipo de industria por la naturaleza de transformación de materia prima y producción anual en metros cúbicos:

PRODUCTO	Volumen	→	PRODUCTO	Volumen	→	PRODUCTO	Volumen
Celulosa y papel			Fabricación muebles			Leña	
Tableros terciados			Marcos/puertas/ventanas			Otros productos:	
Chapa			Paletas				
Juguetes/piezas menores			Artillas				
Parquet			Tableros de fibra				
Tarimas			Embalajes/cajas, etc)				
Aserrío			Palos para escoba				
Tableros de partículas			Aserrín			Totales (t)	

11. No. turnos de ____ horas al día ____ No. días trabajados año ____ No. Personal Administrativo ____ No. Puestos Operativos ____ otros ____

12. Descripción del equipo/maquinaria y equipo: En las casillas de la derecha complementarla y luego especifique abajo cualquier otra que no esté listada.

MAQUINARIA Y/O EQUIPO	CANTIDAD	MAQUINARIA Y/O EQUIPO	CANTIDAD	MAQUINARIA Y/O EQUIPO	CANTIDAD	MAQUINARIA Y/O EQUIPO	CANTIDAD
Sierra cinta		Machimbradora		Canteadora			
Sierra de banda		Bilateadora					
Reaserradora		Despuntadora					
Moldeadora		Cepilladora					

13. Nombre del representante de la empresa _____

14. Firma _____ Fecha __/__/___

Calidad con que actúa _____

Vo.Bo. Director Regional o Subregional
(Según Artículo 14, Reglamento del Registro Nacional Forestal)

Vo.Bo. Asesor Jurídico
(Según Artículo 14, Reglamento del Registro Nacional Forestal)

Form. RNF-PIJ-SF

REGISTRO DE PERSONAS INDIVIDUALES O JURÍDICAS QUE PRESTAN SERVICIOS FORESTALES TALES COMO CONSULTORAS, REPOBLADORAS, INSTITUCIONES, ORGANIZACIONES Y ASOCIACIONES DEDICADAS A LA INVESTIGACIÓN, CAPACITACIÓN Y EXTENSIÓN FORESTAL Y AGROFORESTAL

INSCRIPCION ☐

ACTUALIZACION ☐ Registro No, CORRELATIVO PIJ-SF_____

MARQUE UNA X DONDE CORresponda ESPACIO PARA REGISTRO NACIONAL FORESTAL

REQUISITOS

a) Presentar el formulario correspondiente, debidamente lleno; b) Fotocopia de la patente de comercio autenticada, con la especificación clara del objeto del negocio como actividad forestal, dirección exacta del sitio de funcionamiento; si es sucursal debe contar con su propia patente de comercio; c) Fotocopia del carné del NIT; d) Las instituciones sin fines de lucro deberán adjuntar en forma resumida, los objetivos y descripción general de las actividades de la Institución, organización o asociación, y la certificación de su inscripción extendida por autoridad competente; e) Fotocopia de la Cédula de Vecindad del propietario o representante legal de la empresa, en su caso, con fotocopia de su respectivo nombramiento.

A. DATOS GENERALES

1. Nombre de la institución _____ NIT _____

2. Nombre del Propietario _____ Nombre del Rep. Legal _____

3. Registro Mercantil No. _____ Folio _____ Libro _____ Otro tipo de Registros _____

4. Lugar para recibir notificaciones _____

5. Ubicación _____ Aldea _____

   Municipio _____ Departamento _____ Región _____

6. Está registrada la empresa con otro tipo de inscripción en el Registro Forestal NO SI indique

B. ESTADISTICA

7. Actividades principales, en orden de importancia y proyectos en ejecución: _____

8. Tipo de institución: Gubernamental ____ No gubernamental ____ Privada ____
   Origen: Nacional____ Internacional ____

Mano de obra: No. De personas calificadas _____ No. De personas no calificadas _____

Firma del Propietario/Rep. Legal _____ Fecha _____

Vo.Bo. Director Regional o Subregional
(Según Artículo 14, Reglamento del Registro Nacional Forestal)

Vo.Bo. Asesor Jurídico
(Según Artículo 14, Reglamento del Registro Nacional Forestal)

Form. RNF - RF

REGISTRO DE REGENTES FORESTALES

INSCRIPCION ☐

ACTUALIZACION ☐ Registro No._____ Correlativo RF_____

MARQUE UNA X DONDE CORRESPONDA — ESPACIO PARA REGISTRO NACIONAL FORESTAL

REQUISITOS

Estar comprendido dentro de las categorías aprobadas por la Junta directiva del INAB. **a)** Presentar el formulario correspondiente, debidamente lleno; **b)** Fotocopia autenticada del título para técnicos y constancia original de colegiado activo vigente para profesionales; **c)** Dos fotografías tamaño cédula; **d)** Fotocopia del carné del NIT; **e)** Currículum Vitae según formato del INAB; **f)** Fotocopia de la Cédula de Vecindad.

pegar FOTO

1. Apellidos_____ Nombre _____
2. Número de _____ Extendida _____
3. NIT _____
4. Lugar para recibir notificaciones _____

   Municipio_____ Departamento_____

   Región _____ Teléfono (s)_____ E-mail_____
5. Profesión (sólo título) _____ No. De Colegiado _____

   PARA PROFESIONALES UNIVERSITARIOS
6. Especialización _____
7. Experiencia en el **campo forestal** comprobada (adjuntar constancia) SI____ NO ____

   Si su respuesta es SI cual?

   _____

   _____

Firma ☐ Fecha _____

Vo.Bo. Director Regional o Subregional
(Según Artículo 14, Reglamento del Registro Nacional Forestal)

Vo.Bo. Asesor Jurídico
(Según Artículo 14, Reglamento del Registro Nacional Forestal)

Formato de CURRICULUM VITAE para Regentes Forestales Nombre: _____

ESPECIALIZACION/CURSOS (FORESTALES)

_____

_____

PUESTO QUE DESEMPEÑA ACTUALMENTE _____

EXPERIENCIA EN EL CAMPO FORESTAL:

NOMBRE DE LA FINCA	UBICACION	TIPO DE ACTIVIDAD		AREA TOTAL (ha)	AREA FORESTAL (ha)	OBSERVACIONES
		MANEJO DE BOSQUE NATURAL	MANEJO DE PLANTACIONES			

Form. RNF - EPMF

REGISTRO DE ELABORADORES DE PLANES DE MANEJO FORESTAL

INSCRIPCION ☐

ACTUALIZACION ☐ Registro No._____ Correlativo EECUT_____

MARQUE CON X DONDE CORRESPONDA — DEJADO EN BLANCO SI ES NUEVO REGISTRO FORESTAL

REQUISITOS

Estar comprendido dentro de las categorías aprobadas por la Junta directiva del INAB. **a)** Presentar el formulario correspondiente, debidamente lleno; **b)** Fotocopia autenticada del título para técnicos y constancia original de colegiado activo vigente para profesionales; **c)** Dos fotografías tamaño cédula; **d)** Fotocopia del carné del NIT; **e)** Curriculum vitae según formato del INAB; y **f)** Fotocopia de la Cédula de Vecindad.

pegar FOTO

PROCEDIMIENTO: La documentación se presenta en cualquier oficina del INAB, se verifican los datos y requisitos, se envía al RNF para su calificación. Si procede, se inscribe y emite constancia o carné al interesado.

1. Apellidos _____ Nombre _____
2. Número de Cédula _____ Extendida en _____
3. NIT _____
4. Lugar para recibir notificaciones _____

   Municipio _____ Departamento _____

   Región _____ Teléfono (s) _____ E-mail _____
5. Profesión (sólo título) _____ No. De Colegiado _____

   PARA PROFESIONALES UNIVERSITARIOS
6. Especialización _____
7. Experiencia en el **campo forestal** comprobada (adjuntar constancia) SI____ NO_____

   Si su respuesta es SI cual?

   _____

   _____

Firma _____ Fecha _____

Vo.Bo. Director Regional o Subregional
(Según Artículo 14, Reglamento del Registro Nacional Forestal)

Vo.Bo. Asesor Jurídico
(Según Artículo 14, Reglamento del Registro Nacional Forestal)

Formato de CURRICULUM VITAE
para Elaboradores de Planes de Manejo Forestal

Nombre: _____

ESPECIALIZACION/CURSOS (FORESTALES)

_____

_____

PUESTO QUE DESEMPEÑA ACTUALMENTE _____

EXPERIENCIA EN EL CAMPO FORESTAL:

NOMBRE DE LA FINCA	UBICACION	TIPO DE ACTIVIDAD		AREA TOTAL (ha)	AREA FORESTAL (ha)	OBSERVACIONES
		PLANES DE MANEJO BOSQUE NATURAL	PLANES DE MANEJO PLANTACIONES			

Form. RNF - EECUT

ELABORADORES DE ESTUDIOS DE CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA

INSCRIPCION ☐

ACTUALIZACION ☐ Registro No._____ Correlativo EECUT_____

REQUISITOS

Estar comprendido dentro de las categorias aprobadas por la Junta directiva del INAB. **a)** Presentar el formulario correspondiente, debidamente lleno; **b)** Fotocopia autenticada del Diploma o Certificación de aprobación del curso de Capacidad de Uso de la Tierra avalado por el INAB; **c)** Constancia original de colegiado activo para el caso de los profesionales; **d)** Dos fotografías tamaño cédula; **e)** Fotocopia del carné del NIT; **f)** Curriculum vitae según formato del INAB; y **g)** Fotocopia de la Cédula de Vecindad.

pegar foto

PROCEDIMIENTO: La documentación se presenta en cualquier oficina del INAB, se verifican los datos y requisitos, se envía al RNF para su calificación. Si procede, se inscribe y emite constancia o carné al interesado.

1. Apellidos_____ Nombre_____
2. Número de Título _____ Extendida en _____
3. NIT _____
4. Lugar para recibir notificaciones _____

   Municipio_____Departamento_____

   Región _____ Teléfono (s) _____ E-mail _____
5. Profesión (sólo título) _____No. De Colegiado _____
   (para profesionales universitarios)
6. Especialización _____
7. Experiencia en el **campo forestal** comprobada (adjuntar constancia) SI___NO___

   Si su respuesta es SI cual? _____

Firma _____ Fecha _____

Vo.Bo. Director Regional o Subregional
(Según Artículo 14, Reglamento del Registro Nacional Forestal)

Vo.Bo. Asesor Jurídico
(Según Artículo 14, Reglamento del Registro Nacional Forestal)

Formato de CURRICULUM VITAE Nombre: _____
para Elaboradores de Estudios de Capacidad de Uso de la Tierra

ESPECIALIZACION/CURSOS (FORESTALES)

_____

_____

PUESTO QUE DESEMPEÑA ACTUALMENTE _____

EXPERIENCIA EN EL CAMPO FORESTAL:

NOMBRE DE LA FINCA	UBICACION	TIPO DE ACTIVIDAD		AREA TOTAL (ha)	AREA FORESTAL (ha)	OBSERVACIONES
		ECUT´s PINFOR	ECUT´s PARA PMF*			

* PMF = Planes de Manejo Forestal

Form. RNF - DP

REGISTRO PARA DEPOSITOS DE PRODUCTOS FORESTALES Y CENTROS DE ACOPIO

INSCRIPCION ☐

ACTUALIZACION ☐ No. de registro Correlativo DP

MARQUE UNA X DONDE CORRESPONDA ESPACIO PARA REGISTRO NACIONAL

REQUISITOS

a) Presentar el formulario correspondiente, debidamente lleno; b) Informe técnico que será practicado de oficio por orden de la Dirección Regional o Subregional correspondiente, c) Cuando sea procedente fotocopia de la patente de comercio autenticada con la especificación clara del objeto del negocio como actividad forestal, dirección exacta del sitio de funcionamiento; si es sucursal debe contar con su propia patente de comercio; d) Fotocopia del carné del NIT; e) Fotocopia de la Cédula de Vecindad del propietario o representante legal, en su caso, con fotocopia de su respectivo nombramiento.

OBSERVACION: Cuando se trate de centros de acopio, se deberá corroborar si existe la casa matriz ya sea industria o depósito, para lo cual se deberá presentar la constancia de inscripción.

A. DATOS GENERALES

1. Nombre comercial _____ Número de NIT _____
   (TAL COMO ESTA EN LA PATENTE DE COMERCIO)
2. Nombre del Propietario _____ Representante Legal _____
3. Lugar para recibir notificaciones _____
4. Registro Mercantil No. _____ Folio _____ Libro _____
5. Dirección de la planta _____ Tel _____
   Aldea _____ Municipio _____ Depto. _____ Región _____
6. Otro registro forestal: Industria Forestal_____ Exportador No. _____ Otro_____

B. ESTADISTICA

7. Personal administrativo_____ Puestos operativos_____ otros_____
8. Volumen promedio mensual de transacción por producto:

Producto	Volumen (m3)	Producto	Volumen (m3)
Madera en troza			
Madera en bloque			
Madera aserrada			
Carbón			
Leña			
Leña rajada			
Leña rolliza			

(los productos que indique con dato aparecerán en el objeto de la constancia)

9. Servicios que presta: _____

10. Firma del Propietario/Rep. legal _____ Fecha _____

Vo.Bo. _____ Director Regional o Subregional
(Según Artículo 14, Reglamento del Registro Nacional Forestal)

Vo.Bo. _____ Asesor Jurídico
(Según Artículo 14, Reglamento del Registro Nacional Forestal)

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA
CONSEJO NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS
SECRETARÍA EJECUTIVA

Formato No. 14
Formato para Elaboración de Dictámenes

Fecha _____ Referencia No._____

Departamento o Sección

Asunto:	Acápite del documento y número de expediente
Antecedentes:	Descripción objetiva de pormenores del documento analizado, que a criterio del técnico o profesional es pertinente hacer resaltar
Análisis:	Enumeración de observaciones y criterios que le atañen al técnico de acuerdo a su posición dentro de la institución. Enmarcación del caso dentro del contexto de las Áreas Protegidas (tomar en cuenta normas, procedimientos, planes maestros y categorías de manejo)
Recomendaciones:	Recomendación del técnico: a) Aprobación o rechazo del trámite y justificación de la decisión. Enumeración de documentos que hagan falta (si este fuera el caso) b) Recomendación del trámite a seguir c) Tarifas y garantías por la actividad (en caso esta fuera aprobada) Toda recomendación deberá ser expuesta de acuerdo a la competencia, puesto y responsabilidad que el técnico tenga dentro de la institución

Nombre y Firma del Técnico que dictamina _____

Nombre y Firma del Jefe de Sección _____

Nombre y Firma del Coordinador de Departamento _____

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA
CONSEJO NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS
SECRETARÍA EJECUTIVA

Formato No. 15

Formulario para Constancia de Inscripción de Plantaciones Voluntarias y por Incentivos Forestales

Registro No. _____

Nombre de la Finca _____
Documento de Propiedad _____
Ubicación _____
Categoría de Manejo _____
Zona del Área Protegida _____
Propietario _____
Representante Legal _____
Regente Forestal _____

Especie	Extensión	Año/Plantación	% de Prendimiento No. de plantas/ha	Altitud (msnm)

Tipo de Incentivo:

- Plantación ☐
- Manejo de Bosque Natural ☐
- Protección ☐

Fecha de Inscripción _____

Delegado Regional _____

NOTA:

Enviar copia del Formulario a la Sección Forestal dentro de los 15 días de autorización
Anualmente la Delegación Regional supervisará el Área Manejada para actualizar el porcentaje de prendimiento

Código Asignado

Formulario Único de Solicitud de Tramite ante CONAP

1. Identificación:

Nombre de las persona individual o jurídica, interesada:_____

Nombre del representante Legal, Director o Propietario:_____

Cedula de Vecindad:_____ Nacionalidad:_____

Persona extranjera Pasaporte #:_____ Pais Residencia:_____

Tipo de Visa:_____ No. De Visa:_____ Extendida en:_____

Fecha de Emision de Visa:___/___/_____ Fecha de Vencimiento:___/___/_____

Direccion en Guatemala:_____

Direccion permanente:_____

Nos. De teléfono para contactarlo:_____

Nos de Fax:_____ Nos. De teléfono Celular:_____

Email:_____ Si no tiene dirección establecida indicar la forma de contactarlo:_____

Asunto

Marque una sola opción por formulario ✓

1	**Solicitud de Arrendamiento**		**8**	**Registro de Colección de Vida Silvestre**	
2	**Solicitud de Concesión en AP**		a	Registro de Colección Privada	
a	Determinación de Limites		b	Registro de Colección Publica	
b	Participación en Licitación Publica		c	Registro de Colección Cientifica	
c	Concesión Ecoturística		d	Registro de Reproductoras	
d	Concesión Forestal (Aprobación de POA'S)		e	Registro de Comercializadoras	
e	Otras		f	Registro Centro de Rescate	
	Tipo		g	Registro de Regentes	
3	**Aprobacion PMF y/o Licencia de Aprovechamiento**		**9**	**Solicitud de Colecta**	
a	Saneamiento y/o Salvamento Forestal		a	Flora Maderable	
b	Licencia para Cambio de Uso de Tierra		b	Flora no Maderable	
c	Planes de Manejo Forestal Comercial		c	Solicitud de Colecta de Fauna	
d	Comsumo Familiar		**10**	**Permiso de Importacion o Exportacion (no Maderables)**	
e	Manejo de Sistemas Agroforestales		a	Permiso de Importacion o Exportacion CITES	
f	Registro de Regente Forestal		b	Permiso de Importacion o Exportacion no CITES	

50.4. APÉNDICE ─Capítulo 24

Nombre Común	Nombre Científico	PROCEDENCIA		Referencia	No. De Télefono
		Municipio	Departamento		
Pinabete	Abies guatemalensis	Zunil	Quetzaltenango	Pedro Olivio de León Maldonado	77611625
		Zunil	Quetzaltenango		
		San Carlos Sija	Quetzaltenango		
		Cabrican	Quetzaltenango	Marvin Amed Villatoro Cano	40807742
		Huitan	Quetzaltenango		
		Todos Santos Cuchumatan	Huehuetenango	Adecaf-Asocuch	77645333 77645332
Aliso	Alnus jorullensis	Zunil	Quetzaltenango	Pedro olivio de Leon Maldonado	77611625
		Tecpan	Chimaltenango	Agrokan	66853488 59081356
Jobo	Astronium graveolens	Chisec	Alta Verapaz	Parque Nacional Laguna Lachua	40841706
Pucte	Bucida buceras			Miguel Angel Tojin (FICCL RL)	53801321
Santa María	Calliophyllum brasiliense	Chisec	Alta Verapaz	Parque Nacional Laguna Lachua	40841706
				Miguel Angel Tojin (FICCL RL)	53801321
		Puerto Barrios	Izabal	Jose Tomas Nuñez Paiz	79487305 59027112
				Maya Nuñez	22694010 55050758
Cedro rojo	Cedrela odorata	Escuintla	Escuintla	Agrokan	66853488 59081356
		Flores Costa Cuca	Quetzaltenango	Luis Felipe Guzman Asturias	23316119
Ciprés común	Cupressus lusitanica	San Cristobal Verapaz	Alta Verapaz	Rubel Kiche	79500607 79500608
		Usumatlan	Zacapa	Agrokan	66853488 59081356
		Patzun	Chimaltenango		
		Patzun	Chimaltenango	Agricola E Industrial Bonanza S.A.	23312219
		San Jeronimo	Baja Verapaz	Bansefor	23214525
		San Miguel Dueñas	Sacatepequez	Pablo Ignacio Dominguez Hernandez	53086678
				Carlos Garcia	78315974
		Chiantla	Huehuetenango	Mariano Jesus Velasquez Lopez	58193210
				Edson Eduardo Villatoro Alvarado	55838538 79343015
Palo blanco	Cybistax donnell smithii	Nuevo San Carlos	Retalhuleu	Silvia Valdez	78677193 55271061
		Colomba Costa Cuca	Quetzaltenango	Hugo Veliz	54100575 59682883
		Flores Costa Cuca	Quetzaltenango	Luis Felipe Guzman Asturias	23316119
		Guanagazapa	Escuintla	Adolfo Fernando Maza Krohn	24762661
Rosul	Dalbergia retusa	Chisec	Alta Verapaz	Parque Nacional Laguna Lachua	40841706
				Miguel Angel Tojin (FICCL RL)	53801321
Eucalipto	Eucaliptus grandis	Pastores	Sacatepequez	Exportacion de Semillas	22326125 22515247
Melina	Gmelina arborea	San Andres Villaseca	Retalhuleu	Carlos de Leon Prera	24350217 59781158
		Santa Maria Cahabon	Alta Verapaz	Agrokan	66853488 59081356
		Chaal	Alta Verapaz		
		Patulul	Suchitepequez	Juan Estrada Capir	58840642

		San Francisco	Peten	Oficina Forestal Municipal (Benjamin Ovando)	41719489
Liquidambar	Liquidambar styraciflua	San Jeronimo	Baja Verapaz	Bansefor	23214525
Pino blanco	Pinus ayacahuite	San Rafael la Independencia	Huehuetenango	Cooperativa Rafael Leña-Asocuch	77645333 77645332
		Palestina de los Altos	Quetzaltenango	Edgar Ronaldo Gomez Garcia	57521683
Pino del Peten	Pinus caribaea	Livingston	Izabal	PyC Maderas Internacionales	23373907
		Purulha	Baja Verapaz	Rubel Kiche	79500607 79500608
		Poptun	Peten	Agrokan	66853488 59081356
		Poptun	Peten	Exportacion de Semillas	22326125 22515247
Falso pinabete	Pinus chiapensis	Coban	Alta Verapaz	Juan Jose Morales	55528321
Pino de las cumbres	Pinus hartwegii	Todos Santos Cuchumatan	Huehuetenango	Mynor Isaias Villatoro Palacios	59192098
Pino candelillo	Pinus maximinoii	San Raymundo	Guatemala	Jorge Rafael Utrera Putzeys	23657178 23345613
		San Raymundo	Guatemala	Exportacion de Semillas	22326125 22515247
		Santa Cruz Verapaz	Alta Verapaz	Rubel Kiche	79500607 79500608
		Sac Cristobal	Alta Verapaz		
		Coban	Alta Verapaz		
		San Jeronimo	Baja Verapaz	Bansefor	23214525
		San Juan Comalapa	Chimaltenango	Edgar Chali	59532358 78498650
		Purulha	Baja Verapaz	Nestor Sagui	59668966
		Pastores	Sacatepequez	Exportacion de Semillas	22326125 22515247
		Usumatlan	Zacapa	Agrokan	66853488 59081356
		San Cristobal Verapaz	Alta Verapaz		
		San Jeronimo	Baja Verapaz		
Pino colorado	Pinus oocarpa	San Jeronimo	Baja Verapaz	Rubel Kiche	79500607 79500608
		Purulha	Baja Verapaz		
		Gualan	Zacapa	Exportacion de Semillas	22326125 22515247
		San Jeronimo	Baja Verapaz	Bansefor	23214525
		San Juan Comalapa	Chimaltenango	Edgar Chali	59532358 78498650
		San Jeronimo	Baja Verapaz	Agrokan	66853488 59081356
Pino triste	Pinus pseudostrobus	San Juan Comalapa	Chimaltenango	Edgar Chali	59532358 78498650
		San Rafael la Independencia	Huehuetenango	Cooperativa Rafael Leña-Asocuch	77645333 77645332
		Usumatlan	Zacapa	Agrokan	66853488 59081356
		Tecpan	Chimaltenango		
		Patzun	Chimaltenango		
Pino de las sierras	Pinus tecunumanii	San Jeronimo	Baja Verapaz	Bansefor	23214525
		Pastores	Sacatepequez	Exportacion de Semillas	22326125 22515247
		Salama	Baja Verapaz	Agrokan	66853488 59081356
Cola de coche Chichipate	Pithecellobium arboreum Sweetia panamensis	Chisec	Alta Verapaz	Parque Nacional Laguna Lachua	40841706
				Miguel Angel Tojin (FICCI, RL)	53801321
Caoba del sur	Swietenia humilis	Escuintla	Escuintla	Agrokan	66853488 59081356
Caoba del norte	Swietenia macrophylla	San Francisco	Peten	Oficina Forestal Municipal (Benjamin Ovando)	41719489
		Chisec	Alta Verapaz	Parque Nacional Laguna Lachua	40841706
				Miguel Angel Tojin (FICCI, RL)	53801321
Matilisguate	Tabebuia rosea	San Jose	Escuintla	Agrokan	66853488 59081356
Teca	Tectona grandis	San Andres Villaseca	Retalhuleu	Carlos de Leon Prera	24350217 59781158
		Santo Domingo	Suchitepequez	Pilones de Antigua	78310650 78310651
		San Andres Villaseca	Retalhuleu		78310650 78310651
		San Francisco	Peten	Agrokan	66853488 59081356
		Chaal	Alta Verapaz	Agrokan	66853488 59081356
Volador	Terminalia oblonga	Flores Costa Cuca	Quetzaltenango	Luis Felipe Guzman Asturias	23316119
Danto Sangre San Juan	Vatairea lundellii Virola koschnyi Vochysia guatemalensis	Chisec	Alta Verapaz	Parque Nacional Laguna Lachua	40841706
				Miguel Angel Tojin (FICCI, RL)	53801321

TECNICOS APROBADOS EN EL CURSO SOBRE

PROCESO DE CERTIFICACIÓN DE FUENTES SEMILLERAS Y SEMILLAS FORESTALES

Región	Nombre	Teléfono
I. Metropolitana	Jose Israel Cojom Pac	56732105
	Jose Enrique Cabrera Medina	58743500 / 78845530
	Mynor Obdulio García Divas	53082296/24431263
	Guillermo Rosales Sarceño	24381020
	Elmer Antonio Alvarez Castillo	50128873 / 78495296
	Débora Everilda Mijangos Zapata	55101778
	Nery Rolando Andres Cabrera	50023134 / 78820467
	Saúl Gustavo Marroquin Najera	53987534 / 55510554
	Marta Luisa Bonilla García	58358170 / 59797016
	German Adrián Escobar Maack	50896870 / 79222624
	Jairo Orlando Juárez Dávila	51267274 / 53960985 / 78790596
	Melgin Conrado Bautista Romero	55678298 / 22883095
	Ariel Estuardo Nieves Antillón	53186225
	Carlos Abel Cifuentes Figueroa	55217736
	Nora Patricia Florián Castillo	53282593 / 78428045
	Denis Alberto Méndez Moreno	58028885 / 79428421
	Edwin Manolo Gudiel Vásquez	78434020/59751479
	Jaime Javier Martínez Leiva	59666384 / 52797920
	Vinicio Eugenio Pérez y Pérez	56945894 / 66331163
	Edwin Geovani Hernández Molina	53509328 / 66335380
	Duoglas Emerson Martínez Orellana	79247256
	Meriver Adjani López Servellón	58714224 / 78434363
	Juan Carlos Bolaños Lorenzana	58398679 / 24720509
	Juan Jose Romero Zetina	50527144
	Marvin Waldemar Colindres Samayoa	53488856 / 66317879
	Faustino Ramos Sánchez	58420051
	Alberto Antonio Enriquez Girón	79500607
	Rene Valenzuela Hernandez	54173597 / 78237432
	Aida Gumercinda Pereira Gonzalez	50353983
	Alfredo Coc	24600576 / 59666567
	Macario Telésforo Pérez y Pérez	57556112 / 50485697
	Hugo Moises Moran Botzoc **	79521035
	Edgar René Ramírez Recinos	53230513 / 79402754
	Emaulio Rafael Briones de León	59294320/50429342
	Marco Vinicio López Piox	79388210/40011298
	Gustavo Adolfo Quevedo López **	79402928
	Marvin Eduardo Estrada Vaides**	79513090
	Fernando Isaac Enriquez Girón	79500607 / 79500608
	Keny Oved Palacios Palacios	57504560 / 79342946
	Hector Reginaldo Cojoc Gua	57315066
	Luis Pedro Utrera Granados	57856964/24784604
	Linda Paola Leal Salguero**	51850980

	César Augusto Mazariegos**	4335-0185
	Oscar Anatoly Enrique Sarceño**	5953-2128/7846-7176
	Felix Brito de León	4564-5666
II Alta y Vaja Verapaz	Melinton Israel Ruiz**	
	Jorge Hendrick de la Cruz Barillas	57343135/79529850
	Gregorio Guzmán	79526629/40494446
	Chahim Catalina Huet Macz	40515214/79417647
	German Oswaldo Cú Leal	40450700
	Carlos Francisco Caal Cajbón**	
	Berny Gudiel Tot Chub	58834193/45104948
	Marco Adolfo Morales Valenzuela	53626978/56325560
	Concepción López García	78610083
	Carlos Franciscio Valdizón Soto	5745-6119
	Loren Viviana López Serrano	77802108/45430833
	Rony Enrique Vaides Medina	56308505/45452163
	Helsonn Rigoberto Molina Recancoj	79516591/40294567
	Astrid Jazmin Catalina Lux Santos	5208-9328
	Vicente Fernando Sam Ordoñez	51716106/66401148
	Fredy Amilcar Bolaños Cano	57382188/57147071
	Manuel Vinicio López López	78610086/40612513
	Emiliano Panjoj Pérez	57871828/77557637
	Romeo Benjamin Palacios López	77649243/50014253
	Edgar Rene Cruz Mus	5865-3239
	William Ramiro Prado Melendez	5748-5426/79514943
	César Isidro López Cáceres	5868-8862/79511139
	Héctor Misael Vásquez Mejia	5438-6925/54185919
	Bayrón Alfredo Leal Quej	5761-4655
	Leopoldo Calel Mus	5638-5995/79504621
	Herberth Arturo Paz Ax	5318-1487/79526624
	Edward Asdrubal Solis Ordóñez	5551-5151/79402544
	Zamadhi López Cuellar**	4066-1119
	Rene Alfonso Cruz Cabrera	5709-1461/79504354
	José Manuel Rosales	5776-4406/79512775
	Edgar Enrique Hun Cal**	5528-4400
	Cristian Alberto Campos Wellmann	5765-8392/79417628
	Libni Eleazar Max Max	5151-7652/54871468
	José Oliverio Flores Guevara	5201-6883/57324037
	Enrique Armando Juárez Quim	5770-6455
	Luis Fernando Barrios Cifuentes	5201-6768/45456364
	Franck Meza Burmestek	5777-6041/79500606
	Manuel de Jesús Piox Mendoza	5709-0131/79504260
	Daniel Gerardo Peinado Monroy	7952-0117
	Mario Enrique Cal Poou**	5551-8920
	Juan José Morales Gómez	5552-8321/52016486
	Julio Roberto Molina Matta	5205-2703/79510500

	Dax Rony Guerra García**	5878-8755
	María del Pilar Méndez Alvarez	5206-1870
	María Mercedes Molina García	5233-5448
	Jose Estuardo Paiz Noriega	5528-6000/79500365
	Francisco Antonio Chaj Tipol**	5135-0847
III. Zacapa, Izabal, Chiquimula y El Progreso	Edin Emilio Montufar Echeverría **	7941-3431
	Cesar Agusto Hernandez Sanchinelli**	5371-6353
	Estuardo Johany Suchini Padilla	5063-3157/79423095
	Mauricio Boanerjes Sazo Vasquez	5853-2103/79476668
	Angel Rodolfo Hernandez León**	4024-4844
	Alexander Neftalí Barahona Hernández	7941-391059666490
	José Luis González de León	5966-6479/53368029
	Josué Marcial Guerra Burgos**	5356-4754
	Víctor Manuel Moscoso Orellana	5632-391879413910
	Rosa Isabel Pérez Chacón	5333-2617
	Luis Armando Morales Hernández	5543-9988/79413910
	David Ruiz García	5966-6375/66314594
	William Israel Ruano Flores	5111-9116
	Ingrid Yadira Pelicó Joaquín	5065-2927/79422867
	Héctor Licinio Suchini Vargas	5966-9441/79425756
	José Ramiro Ruiz Anleu	5880-6500
	Jorge Luis Morales Escobar	5696-0212/56326902
	Mario Raúl Leiva Sosa	7945-1753/40947358
	David Horacio Estrada Jerez	7944-0341/59786448
	Leonel Miranda Pinto	5966-6381/79437086
	María del Rosario Domingo Jiménez	57412223
	Byron Efraín García Rivera	7945-1753/54753942
	Elder Danilo Pérez Argueta	5209-9329/55144638
	Karla Johana García Suriano	7943-0681
	José Mauricio Aguirre Gabriel	7947-850741918727
	Oscar Danilo Saavedra Morales	50456915
	Francisco Javier Hernández Orozco	50454904/79413873
	Gonzalo Alexander López Franco	56325588/79412711
	Edwin Orlando Sosa Madrid	40146643
	Luis Francisco Mayorga Jordán**	50031900
	Luis Alberto Marín López	42307684
	Ana Patricia Alvarado Cruz	57217661
	Manuel Eduardo Mayén Chávez	50515408/79402751
	Néstor Javier Saguí Gómez	59668966
	Eduardo Francisco Pacay Tot	53487394
	Ariel Bilivaldo Saucedo Sosa	50439221
	Iván Soberanis **	59663906
	Carlos Rodolfo Rodas Velásquez	79487873/45085834
	Javier Armando Hidalgo Bran	66349039/52075932
	Luis Fernando Castillo Reyes	52002397
	Marta Leticia Estrada**	

	Javier Márquez Barrientos**	
	César Leonel Tot Coy**	
	Carmen Andrea Herold**	
IV. Jutiapa, Jalapa y Santa Rosa	Walter Irene Robledo Hernandez	24333933 / 55225638
	Edgar Aroldo Rodas **	6635-0172
	Edgar Romeo Rodriguez Sandoval **	5966-6499
	Sandra Patricia González Ixcajoc **	4056-9577
	Gerson Daniel Zepeda Salazar	5785-2393
	Angel José Sandoval **	5707-9583
	Carlos Isaias Siguina Marroquin	53540807 / 54906937
	Miriam Celeste Ramirez y Ramirez **	5895-6875
	Heber Reinaldo Marroquin **	5656-5160
	Rigoberto Carrillo Blas **	5764-8693
	Catarino Adán Cruz Bolaños **	4010-5662
	Oliverio Carias Valenzuela **	5580-2564
	Eddy González Gómez **	5738-1276
	Gabriel Eduardo González Ixcajop **	5331-8537
	Javier Arturo Sandoval Sandoval **	7922-5390
	Luis Eduardo Castellanos Fuentes **	5229-2440
	José Alberto Aguirre Lucero **	5321-4491
	Alexis E Flores Garcia **	55550000
	José Rolando Garcia Reyes	78865074/5318-3232
	Manuel Enrique Aragón Castillo	2362-5158/2362-5120
	Angel Fernando Rodas Gonzáles**	
	Edgar Raúl Herwin Sánchez**	
	Francisco Rolando López**	
	Guilmar Enrique Canté Barrera**	
	José Alberto Aguirre Lucero	7924-7392/5321-4491
	Byron Otto Fuentes Del Cid	56361771/22890041
	Luis Ixim Pablo Pérez	5354-9095
	Gustavo Adolfo Avendaño Garcia	66296200/58924089
	José Luis González Sacbajá	5056-4050/ 7840-3030
	Rudy Emanuel Marroquin Xiquito **	5638-3542
	Alvaro Mardoqueo Figueroa Arriaga	7839-4213/ 51538424
	Luis Manuel Lima Guillen	4005-9957
	Nery Boanerges Guzmán Aquino	45075393/78420037
	Fredi Neftali Ramirez Cardona	5155-8806
	José Armando Celis Barrios	52839439/22540072
	José Virgilio Borrayo Castañeda	52444023/78307864
	Melvin Osbeli Navarro Fuentes	5414-6596
	Pablo Ignacio Dominguez Hernández	53086678/22503791
	Carlos Marcotulio Aguaré Ajcot	58958150/53321495
	Jaime Leonel Casados Quán	55767558/78394360
	Julián Donaldo Mendoza Cota	5768-7668
	Walter Vinicio Osvaldo Alvarado Jerónimo	51532925
	Mynor Herbert David Mucia Sipac	51620516/78398779

V. Sacatepequez y Chimaltenango	Juan Macario Fernández Axpuác	5738-1012
	Víctor Vitelio Contreras Porras	5683-8545
	Silvia Noelia Terreaux Nuñez	59010720/78346456
	Estuardo Julián Xocop Cújcuj	5898-1976
	Mario Alfredo Ortiz Cún	4126-3626
	Jerónimo Marvin Tomás López	5901-5006
	Jesús Antonio Camposeco López	5788-4144
	Hector Alejandro Arriola López**	5508-4141
	Rudy Estuardo Monterroso Tubac	4188-9280
	Jaime Leonel Pérez Tubac	7849-9640
	Erik Rubén Chavajay Pérez	5557-3779
	Víctor Roberto Macario Pérez	53611299/23840467
	Elmer Bosbeli Villatoro Recinos	56666491/55784243
	Eusebio Tomas	5738-2010
	Eliseo Guitz Chali	5803-8519
	Juan Aroldo Santelel Sisimit	53276393/78403030
	José Anibal García Sitán	59043068/52933519
	Carlos Aleman Galindo	78403578/54468846
	Fray Anselmo Yax Cujcuj	51901990
	Nancy Jovita Figueroa Rosales	78397038/59729778
	Alfredo Mirón Najera	78310288/54136176
	Hector Mérida Castillo **	
	Edgar Guevara Asencio	54702389
	Deyvid Arnoldo García Rosales	78397038/58097712
	Mayra Leticia González Sagui	66361462/59542407
	Denis Serech Socop **	
	Alvaro Dario Morales Buchán	53828056
	Gilberto Cujcuj Patal**	59969120
	Edwin Alfonso Sirin Quinac	24344896/57689207
	Oseas Neftalí Méndez Santizo**	
	José David Ajcalón Acetún**	
	Alberto Utrera Illescas	2369-0572/5700-0484
	Ronald Enrique Estrada Hurtarte	2479-0496
	Henry Nelson Menchú Rivera	5037-4301
	Edgar Orlando Chalí Chex**	
	Denis Avidán Morales Tomas**	
	Mairon Asaél Méndez Méndez	7839-7008/4187-0137
	Julio Eduardo Vélasquez Navarro	4218-7170
	William Roberto Santizo Castro**	
	Edgar Isidro Sinay Can **	
	Pedro Miguel López Xil**	
	José Luis Iquique Socoy	5804-0711/7839-2301
	Carlos Alberto Hic Elias **	
	Salvador E. Pira A**	
	Lesly Ariel Marroquín Miranda	7871-9509/5735-1099
	Jose Alejandro Sosa Cuellar	24264429 / 57377820 / 57601171

Jetzaltenango, Totonicapan, San Marcos y Solola

Alex Fernando Corado y Corado **	57647994
Armando Enrique Batz Batz	50389217 / 77365227
Bernabe Abraham Son Batz	57701851 / 77665427
Carlos Antonio Aguirre Escobar	53405078 / 24376499
Cris Maricela Aquino Santiago	52625636 / 77675820 / 78885336
Edwin Ruben Mazariegos Sanchez **	58949887
Estuardo Mejia **	57407822
Jesus Montejo **	40019784
Jose Vilialdo Diaz Diaz	55298242/77226322
Juan Carlos Lopez de León **	58614672
Mario Rodriguez Barrios **	50624040
Oscar Velasquez **	56792344
Cristobal Rene Navarro Velasquez	58998710 / 77629138
Robins Octavio Lopez **	53074580
Williams Higinio Puac Batz **	77667057
Edgar Martinez **	56323920
Mynor Perez **	56300711
Adolfo Amparo Ochoa Maldonado **	77607126 / 58097227
Carlos Dago Vasques Fuentes **	77602529 / 52434643
Cesar Simeon Echeverria Lopez **	53946129
Dina del Carmen Joachin Velasquez**	77608409 / 57732905
Edsel Maynor Huertas Solis**	77602529 / 51506215
Erick Rene Palacios Villatoro**	77604740 / 41225870
Fluvia Jacabel Cifuentes Soto**	
Fresly Rodelfy Miranda Orosco**	52195678 / 40186128
Gilberto Orlando Merida Samayoa**	77643203 / 55814156
Haroldo Esteban Morales Velasquez**	77604740 / 57896874
Hector Ulicer Escobar Lopez**	53342200
Juan Carlos Rosales Longo**	77602529 / 51588366
Juan Manuel Mendez de Leon**	
Juan Rodrigo Merida Aguilar**	77602526 / 53425082
Manuel de Jesus Palacios Villatoro**	77604740 / 56328528
Mario Estuardo Morales Ochoa**	77617346 / 58749482
Mario Roberto Gonzalez Vasquez**	57385839
Mateo Kunihol**	53899723
Omar Estuardo Gutierrez Galindo**	77236497 / 57722401
Rene Israel Garcia Ramos	55811870
Ricardo Antonio Barrios Rivera**	77602185 / 57829789
Robinson Josue Lopez Gonzalez**	77603923 / 56776015
Rodolfo Neftali Goméz Guzman**	50654516
Ruben Neftali Gonzales Ardeamo**	53388370
Saulo Benjamin Joromocoj Guzman**	77602529 / 58945400
Sergio Antonio Soto de Leon**	77602826 / 51158113
Victor Faraon Ochoa Castillo**	77671885 / 53356088
Victor Hugo Rodas Ramos**	77601294 / 53586642
Walter Alonzo de Leon Bamaca**	77605113 / 53439860
Wilder Alexander Perez Vasquez**	51682646

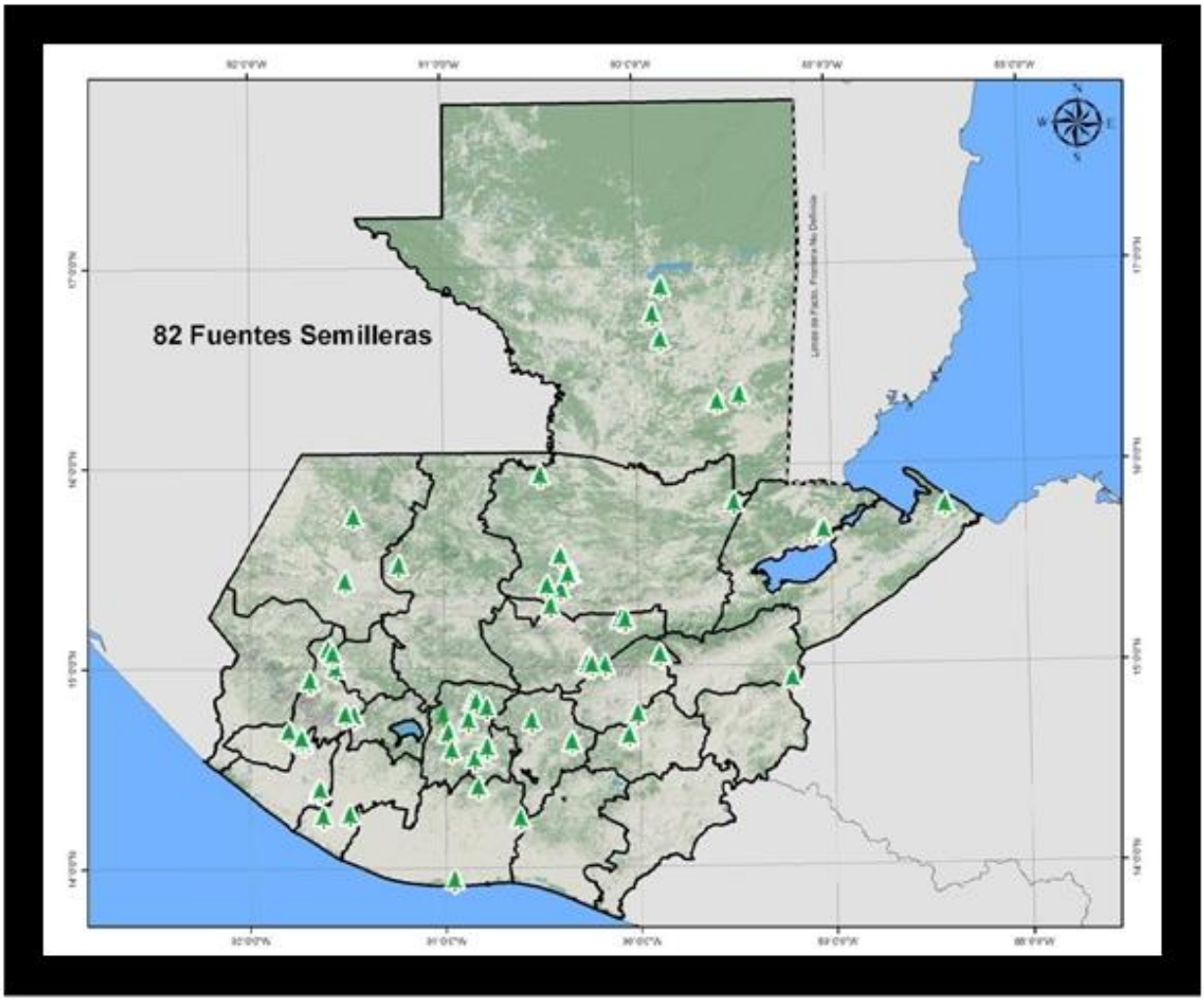
VI. Q	Wilian Joel Fuentes Bautista**	58909118
	Wilver Daniel Ardiano Fuentes**	77758224 / 54442554
	Mario Augusto Amezquita Navarro	4029-3790/7772-0563
	Byron Estuardo Cua Tax	4114-9687/7766-1281
	Fabio Emanuel Donado Castillo	5328-5353/7780-4122
	Edwar García Jiménez	5137-5864
	José Gilberto Pérez Rodríguez	
	Gilberto Odonel de León Reyes	5208-2545
	Efrain Díaz Mazariegos	5966-6586
	Edgar Rolando Gómez García	5752-1683/7763-6131
	Verónica Marcelina Tax Sapón	5294-9877/5373-1928
	Angel Iván Yoc Gómez	5735-9364/4520-3256
	Marvin Amed Villatoro Cano	4080-7742
	William Estuardo Ramos Tay	5264-2613
	Winston Antoni Rodas Sosa	7768-8989/53940934
	Salomon Roblero de Leon	40170132 77831346
	Selvin Lucas Arrivillaga Muñoz	57483790
	Moises orlando Pacheco Son	58045491
	César Edmundo Suchini Alonzo	59081356
	Juan Raymundo Morales Ovando	77636131 53219824
	Miriam Sofia Gomez Perez	55444333
	Danilo Felipe Perez	77368013 53546359
	Carlos Eduardo Morales Lopez	53417804
	Dafne Yamilett Camas Figueroa	56642912
	Jose Adolfo Villatoro Castillo	53241862
	Juan Alfredo Bolaños Gonzales	50546641
	Marvin Bartolome Gomez Lopez	40683021
	Henry William Custodio Linares	59761118
	Angel Geovanni Quiroa Dardon **	
	Donaldo Montejo Domingo	57877934
	Sigfrido Gabriel Herrera Rodas	51657223
	Hermelindo Domingo Perez **	
	Humberto Rivera Santiago	77558154 / 77558216
	Julio Humberto Aguilar Castillo	53862638
	Julio Fernando Say Mazariegos	77551804
	Luis Nicolas Brito Terraza **	
	Marco Tulio Tomas Tiño	53266267
	Mario Vinicio Martinez Herrera	53276044 / 77644548 /77640163
	Mynor Isaias Villatoro Palacios	55274023
	Oscar Fernando Salvador Gonzalez	55246746 / 77562356
	Yarsinio Fidel Palacios **	
	Carlos H. Estrada C	
	Rolando Gómez Hernández	77648548 54919044
	Rolando Vinicio Rodriguez Sosa	53793904
	Lenny Abraham Montejo Montejo	53463171
	Daniel Estuardo Herrera Marroquin	77647028 57397597

VII. Quiche y Huehuete	Luis Mateo Francisco	57843686
	Juan Carlos Gómez Agustín	57482972 77627828
	Lorenzo Antonio Reyes Gutiérrez	52047895 66342178
	Juan Andrés Martin Carrillo	
	Robenson Iván Martínez Martínez	51675200
	Ronal Fernando Martínez Martínez	77682508 53836328
	Edwin Ottoniel Sosa Gómez	54127551
	Henry Benedicto Castillo Martínez	57686500 57155962
	Sergio Darvin Osorio Monjaras	
	Hariel Elizabeth López Solis	77649152 41109551
	Sayra Rossemary Ramírez Samayoa	77642426 53560236
	Gustavo Alejandro Chacón Cordón	
	Tomás Héctor Férnandez Ramos	77644355-50000481
	Marvin Antulio Noriega Herrera	
	Tomás Héctor Fernández Ramos	
	Edson Eduardo Villatoro Alvarado	55838538 79343015
	Hilario Lorenzo Jiménez	55539586 77830727
	Byrón Felipe Lec de León	
	Sergio de Jesús Martínez Martínez	54794215 77682410
	Luisa Fernanda Palacios Castañeda	52410719 52182602
	Yesmin Edmundo López López	51680604 77647922
	Edgar Baudilio Avilla Villatoro	77647770 57071997
	Edgar E. Miguel Camposeco	45924356 57155962
	Byrón René Palacios	
	Carlos Noe Hernández Gómez	53562156
VIII. Peten	Mario Carlos González Valle	55340318 / 79277460 / 79277239
	Walter Alfredo Hernández Marroquín	53441327 / 79248656
	Byron Vinicio González Vásquez	51957478
	José Francisco Contreras Reinoso	58427843 / 79262696
	Ever Osiel Valiente Salazar	50648657
	Edwin Alberto Rodas Rosales	57896185
	Domingo García Bernabé	53752997 / 54874713
	Normandi Bonilla **	51840894
	Alberto Agustín Monroy Sagastume	54893340 / 78674718
	Henner Guillermo Reyes Kilcán	58552575 / 79262036
	Walter Enrique Ponce Ruiz	58337780 / 79264075
	Marvin Enrique Rosales Peche	53177245 / 79264269
	Edgar Fernando Baldizón Macz	53089319 / 79260949
	Luis Enrique Soza Ventura	55799395 / 79348163
	Mynor Adelbi Méndez López	55627257
	Edvin Samayoa Tobar	50455290
	Fernando Arturo Gómez Telón	54608895 / 79277376 / 79277239
	Elvis Orlando Morales Valdez	57300011 / 57016918
	Luis Alberto Rojas Lima	54554860 / 57600576 / 79262110
	Oscar Reynaldo Zuñiga Cambara	58559147 / 59661924 / 79261219
	Débora Mayté Telón Pinelo	50433412 / 79260949

	Victor Orlando Molina Claros	53622643 / 53396768
	Carlos Ronaldo Morales Aldana	53880168 / 54547526
	Nery Edilberto Franco	79286154
	Marvin Javier Mazá Guerra	59561863
	Alex Francisco Hernández Ochaeta	55799414 / 79286010
	José Jorge Cruz Chán	50536678 / 79261995
IX. Escuintla, Suchitepequez y Retalhuleu	Alex Hernandez **	78794123
	Alfonzo Monroy Argueta	78821317
	Brenda Margoth Sánchez Cárdenas	51316350
	Carlos Alberto Velásquez Solis **	58656291
	Francisco Javier Espinoza Marroquín	56440517/77737328
	Hugo Rene Moho oí **	53895183
	Kandy de León **	72720092
	Francisco Mendez Quiñonez **	54049764
	Francisco Eduardo Turcios Rivera	51107919 / 53341665 / 77714142
	German Esteban Ramírez Coche	54439932 / 77217136 / 78794123
	Jorge Armando Zuñiga Revolorio	51913786 / 78723656
	Jose Edgardo Negro Sánchez	58393253 / 58658021
	Jose Marvin Pérez **	77714553
	Juan Armas **	59759663
	Raúl Estuardo Hidalgo Paz	54778683 / 77755595
	Samuel Erazo **	50080046
	Salvador López **	56300744
	Bogar Enrique Figueroa Villatoro	56047839 / 40365159 / 78720714
	Carlos Alejandro Zapeta Cabrera	77751213 / 77757978 / 54600189
	Carlos Antonio Barrera Arenales	57171113 / 24346951
	Dany Everman Barrios López **	52559352
	Ernesto Leonel Morales Cuadra	53203167
	Eysen Rodrigo Enriquez Ochoa	59879380
	Francisco Jose Palala Prieto **	55310420
	Jorge Alberto Aquino Toledo **	56306553
	Jose Faustino Culajay Cruz (sin carrera afin)	50417085
	Julio Eduardo Cifiuentes Aquino	54428022 / 55011484
	Mario Nicolas Ovando Mejia	56045520 / 56700827
	Mario Raul Cardona Vasquez	53289446 / 77712349
	Myor Raul Otzoy Rosales **	58763087
	Pablo Yax Lopez **	59065285
	Ruperto Daniel Escobar Gonzalez **	55161160 / 78705540

Notas:

a) las personas que aun están pendientes de entrega de papelería se representan dentro del listado con (**). b) existen tecnicos APROBADOS que cuentan unicamente con diploma debido a políticas para su registro. c) existen tecnicos APROBADOS que laboran para el INAB, los cuales no pueden llenar los formatos.


82 Fuentes Semilleras

[redacted]

Fecha ____
Número de solicitud:_____

I. DATOS GENERALES

1. Nombre del propietario_____
2. Cédula de vecindad: No. de orden_ _____Registro_____
3. Extendida en _____ Departamento_____
4. Dirección para recibir notificaciones _____
5. Municipio_____ Departamento _____
6. Dirección de correo electrónico_____ No. de teléfono _____
7. Número de Identificación Tributaria -NIT- _____
8. Nombre del Representante Legal

9. Cédula de vecindad: No. de orden _____Registro_____
10. Extendida en _____ Departamento _____
11. Dirección para recibir notificaciones_____
    Municipio_____
    Departamento_____
12. No.de teléfono _____ Dirección de correo electrónico _____

II. DATOS DEL TERRENO

1. Nombre del terreno_____
   1.1 Está ubicado dentro de Areas Protegidas? Sí____ No____
   1.2 En caso afirmativo sírvase adjuntar constancia de CONAP.
2. Ubicación: Caserío _____ Aldea

   Municipio_____Departamento_____
3. Area total del terreno _____ha. Area a reforestar _____ha. Area de bosque a manejar _____ha.
4. Coordenadas geográficas del terreno: Latitud _____ Longitud _____
5. Registrado en la Propiedad Inmueble: Sí_____ No_____
   Número____ Folio____ Libro_____ de_____
6. El terreno está libre de gravámenes, enajenaciones o hipotecas:
   Sí_____ No_____
7. En caso de haber contestado negativamente a la pregunta anterior, indique los nombres de las personas o instituciones a favor de quien están esos compromisos y las fechas de vencimiento.

   __

III. DECLARACION DEL PROPIETARIO

Como propietario del (los) terreno (s) que se describe (n), DECLARO bajo juramento que los datos consignados en la presente solicitud son verídicos y estoy dispuesto a responder judicialmente en caso se hallare falsedad en cualquier información por parte de INAB.

(f)_____
Propietario

DATOS GENERALES

PROYECTOS INDIVIDUALES:

1. Nombre del poseedor (a): _____
2. DPI o cédula No: _____ Extendido (a) en: _____
3. Dirección para recibir notificaciones: _____
4. Número de NIT: _____ 5. Ocupación: _____
6. Edad (años): _____ 7. Números de teléfono: _____

PROYECTOS GRUPALES, COMUNALES O MUNICIPALES:

1. Titular del proyecto: _____
2. Nombre del Representante Legal: _____
3. DPI o cédula No: _____ Extendido (a) en: _____
4. Dirección para recibir notificaciones: _____
5. Número de NIT: _____ 6. Ocupación: _____
7. Edad (años): _____ 8. Números de teléfono: _____

II. DATOS DEL TERRENO

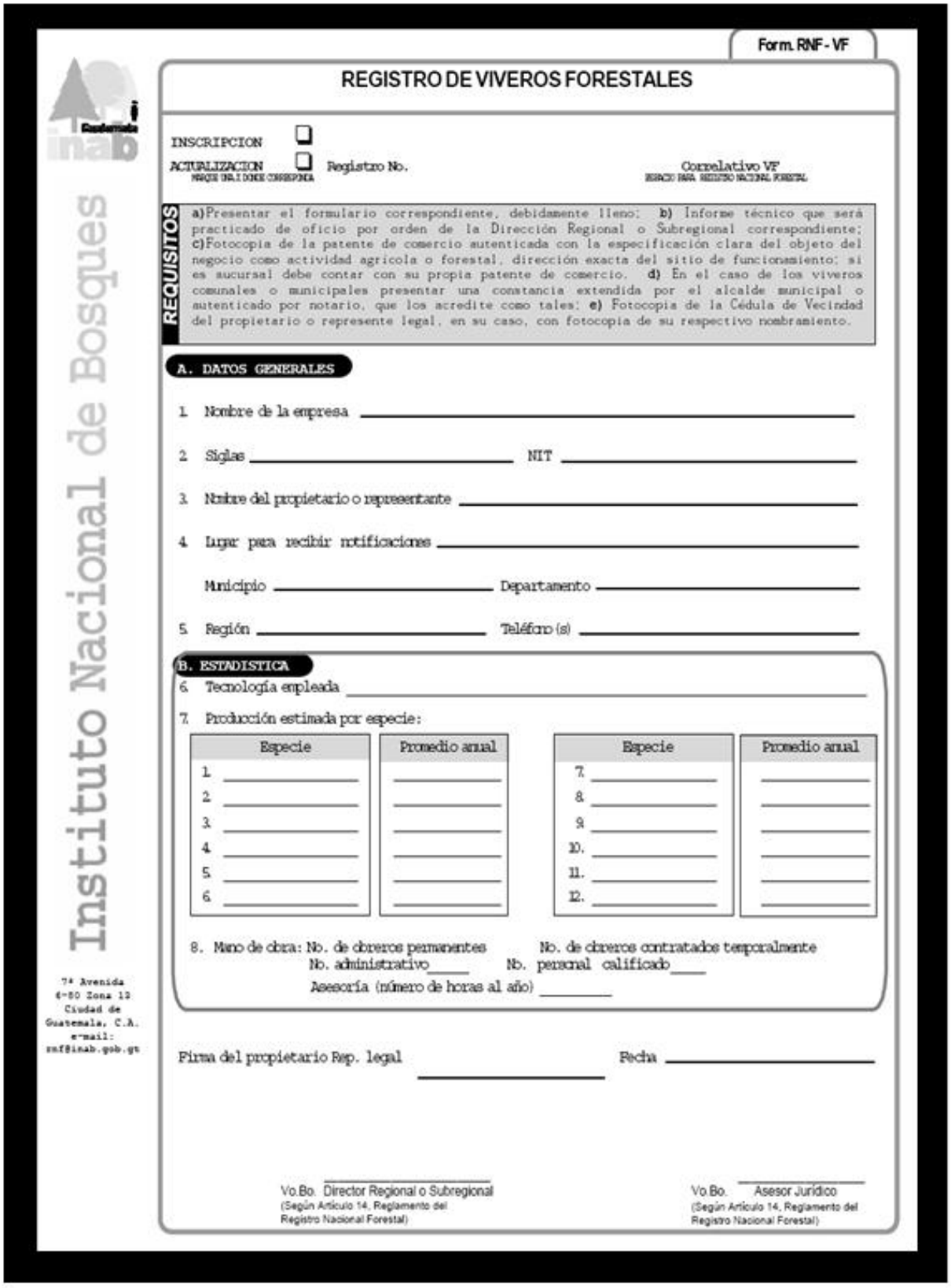
1. Nombre del terreno o del lugar: _____
2. Esta ubicado dentro de Áreas Protegidas: Si (ver inciso f): _____ No: _____
3. Ubicación: Caserío: _____ Aldea: _____
   Municipio: _____ Departamento: _____
4. Área total (has): _____ Área a reforestar (has): _____ Área de SAF (has): _____
   Área de bosque a proteger (has): _____ Área de bosque para producción (has): _____
5. Coordenadas GTM del terreno: X: _____ Y: _____

III. DECLARACION DEL POSEEDOR (A)

1. Como poseedor del (los) terreno (s) propuesto (s) al incentivo forestal PINPEP, DECLARO bajo juramento que los datos consignados en la presente solicitud, son verídicos y estoy dispuesto a responder judicialmente en caso se hallare falsedad en cualquier información proporcionada al INAB.
2. Declaro que el terreno propuesto se encuentra libre de gravámenes.
3. Declaro que me encuentro en el pleno uso de mis derechos civiles para la presente solicitud.
4. Declaro que el terreno propuesto no ha sido incentivado con otro programa de igual o similar naturaleza.
5. Declaro que no he incumplido con obligaciones contraídas ante el INAB.
6. Declaro que soy vecino del municipio en mención y he poseído un terreno en forma pacífica, pública, constante y de buena fe y que no existe reclamación de dicho terreno por otra persona con igual o mejor derecho, caso contrario me sujeto a las disposiciones y consecuencias legales en que incurriere.

f._____

Poseedor (a) del terreno o Representante Legal



Form. RNF - VF

Instituto Nacional de Bosques

REGISTRO DE VIVEROS FORESTALES

INSCRIPCION ☐

ACTUALIZACION ☐ Registro No.

MARQUE UNA DE ESTAS CASILLAS

Correlativo VF

ESPACIO PARA REGISTRO NACIONAL FORESTAL

REQUISITOS

a) Presentar el formulario correspondiente, debidamente lleno; **b)** Informe técnico que será practicado de oficio por orden de la Dirección Regional o Subregional correspondiente; **c)** Fotocopia de la patente de comercio autenticada con la especificación clara del objeto del negocio como actividad agrícola o forestal, dirección exacta del sitio de funcionamiento; si es sucursal debe contar con su propia patente de comercio. **d)** En el caso de los viveros comunales o municipales presentar una constancia extendida por el alcalde municipal o autenticado por notario, que los acredite como tales; **e)** Fotocopia de la Cédula de Vecindad del propietario o represente legal, en su caso, con fotocopia de su respectivo nombramiento.

A. DATOS GENERALES

1. Nombre de la empresa _____

2. Siglas _____ NIT _____

3. Nombre del propietario o representante _____

4. Lugar para recibir notificaciones _____

Municipio _____ Departamento _____

5. Región _____ Teléfono (s) _____

B. ESTADISTICA

6. Tecnología empleada _____

7. Producción estimada por especie:

Especie	Promedio anual	Especie	Promedio anual
1.		7.	
2.		8.	
3.		9.	
4.		10.	
5.		11.	
6.		12.	

8. Mano de obra: No. de obreros permanentes No. de obreros contratados temporalmente
No. administrativo____ No. personal calificado____
Asesoría (número de horas al año) _____

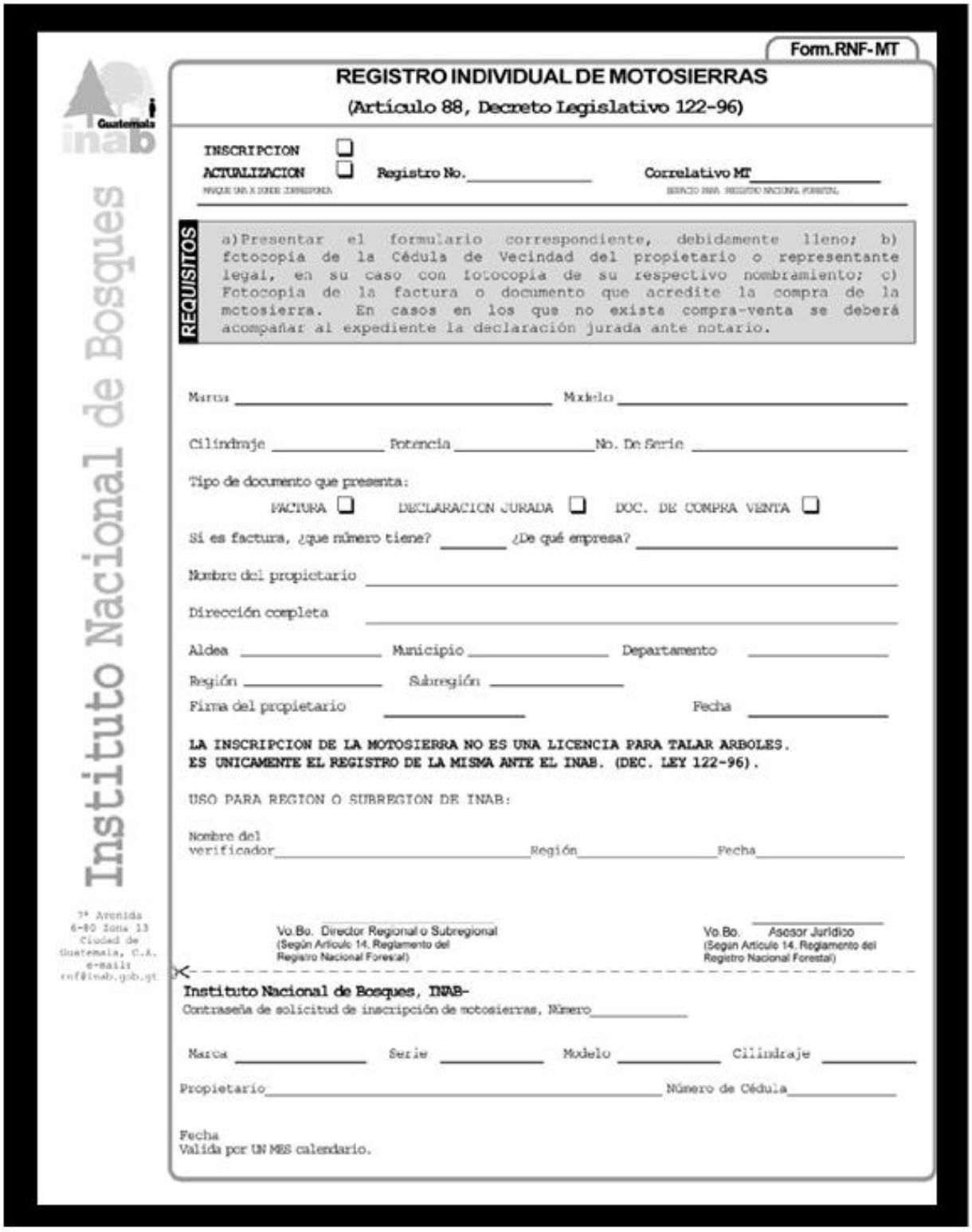
Firma del propietario Rep. legal _____ Fecha _____

Vo.Bo. Director Regional o Subregional
(Según Artículo 14, Reglamento del Registro Nacional Forestal)

Vo.Bo. Asesor Jurídico
(Según Artículo 14, Reglamento del Registro Nacional Forestal)

7ª Avenida
4-50 Zona 13
Ciudad de
Guatemala, C.A.
e-mail:
rnf@inab.gob.gt

50.5. APÉNDICE —Capítulo 26



Form.RNF-MT

Instituto Nacional de Bosques

REGISTRO INDIVIDUAL DE MOTOSIERRAS

(Artículo 88, Decreto Legislativo 122-96)

INSCRIPCION ☐
ACTUALIZACION ☐ Registro No._____ Correlativo MT_____

REQUISITOS

a) Presentar el formulario correspondiente, debidamente lleno; b) fotocopia de la Cédula de Vecindad del propietario o representante legal, en su caso con fotocopia de su respectivo nombramiento; c) Fotocopia de la factura o documento que acredite la compra de la motosierra. En casos en los que no exista compra-venta se deberá acompañar al expediente la declaración jurada ante notario.

Marca _____ Modelo _____

Cilindraje _____ Potencia _____ No. De Serie _____

Tipo de documento que presenta:

FACTURA ☐ DECLARACION JURADA ☐ DOC. DE COMPRA VENTA ☐

Si es factura, ¿que número tiene? _____ ¿De qué empresa? _____

Nombre del propietario _____

Dirección completa _____

Aldea _____ Municipio _____ Departamento _____

Región _____ Subregión _____

Firma del propietario _____ Fecha _____

LA INSCRIPCION DE LA MOTOSIERRA NO ES UNA LICENCIA PARA TALAR ARBOLES. ES UNICAMENTE EL REGISTRO DE LA MISMA ANTE EL INAB. (DEC. LEY 122-96).

USO PARA REGION O SUBREGION DE INAB:

Nombre del verificador_____ Región_____ Fecha_____

Vo.Bo. Director Regional o Subregional
(Según Artículo 14. Reglamento del Registro Nacional Forestal)

Vo.Bo. Asesor Jurídico
(Según Artículo 14. Reglamento del Registro Nacional Forestal)

7ª Avenida 6-80 Zona 13 Ciudad de Guatemala, C.A. e-mail: rnf@inab.gob.gt

Instituto Nacional de Bosques, INAB-

Contraseña de solicitud de inscripción de motosierras, Número_____

Marca _____ Serie _____ Modelo _____ Cilindraje _____

Propietario_____ Número de Cédula_____

Fecha
Valida por UN MES calendario.

Form. RNF - IF

Instituto Nacional de Bosques

REGISTRO DE INDUSTRIAS FORESTALES

INSCRIPCION ☐ ACTUALIZACION ☐ Año ____ Correlativo IF _____

REQUISITOS

a) Presentar el formulario correspondiente, debidamente lleno; b) Informe técnico que será practicado de oficio por orden de la Dirección Regional o Subregional correspondiente; c) Fotocopia de la patente de comercio autenticada con la especificación clara del objeto del negocio como actividad forestal, dirección exacta del sitio de funcionamiento; si es sucursal debe contar con su propia patente de comercio; d) Fotocopia del carné del NIT; e) Fotocopia de la Cédula de Vecindad del propietario o representante legal de la empresa, en su caso, con fotocopia de su respectivo nombramiento.

INSTRUCCIONES: Debe llenar **COMPLETAMENTE el formulario.** La industria debe iniciar operaciones para ser inscrita. Cualquier duda debe ser consultada con el técnico forestal. No se aceptan formularios incompletos.

A DATOS GENERALES

1 Nombre comercial (completo) _____
(TAL COMO ESTA EN LA PATENTE)

2 Registro Mercantil No. ____ / ____ / ____ NIT de la empresa _____

3 Objeto de la empresa: _____
(TAL COMO ESTA EN LA PATENTE)

4 Nombre del Propietario de la empresa _____

5 Nombre del Representante legal _____

6 Ubicación de la planta _____ Municipio _____
(TAL COMO ESTA EN LA PATENTE)

Departamento _____ Telefonos _____ Fax _____

7 OTRO REGISTRO FORESTAL: DEPOSITO No. _____ EXPORTADOR No. _____ OTRO _____

Dirección para notificaciones _____

B ESTADISTICA

8 Tipo de industria por su estacionalidad: ESTACIONARIA ☐ MOVIL ☐ CAMPAMENTO ☐

9 MATERIA PRIMA utilizada en el proceso de producción. Indique el tipo de producto y la cantidad en metros cúbicos mensual.

TIPO DE PRODUCTO	Metros Cúbicos CONIFERAS	Metros cúbicos LATIFOLIADAS	TIPO DE PRODUCTO	Metros Cúbicos CONIFERAS	Metros cúbicos LATIFOLIADAS
Madera en rollo (troza)					
Madera aserrada					

10. Tipo de industria por la naturaleza de transformación de materia prima y producción mensual en metros cúbicos:

PRODUCTO	Volumen	PRODUCTO	Volumen	PRODUCTO	Volumen
Celulosa y papel		Fabricación de muebles		Leña	
Tableros terciados		Marcos/puertas/ventanas		Otros productos:	
Chapa		Palillos			
Juguetes/piezas menores		Artículos			
Parquet		Tableros de fibra			
Varillas		Embalajes (cajas, etc)			
Aserrío		Palos para escoba			
Tableros de partículas		Aserrío		Etcétera	

11. No. turnos de 8 horas al día ____ No. días trabajados año ____ No. Personal Administrativo ____ No. Puestos Operativos ____ otros ____

12. Descripción del equipo/maquinaria y equipo: (Si lo necesita puede usar el reverso de la hoja para agregar otros equipos no incluidos)

MAQUINARIA Y/O EQUIPO	CANTIDAD	MAQUINARIA Y/O EQUIPO	CANTIDAD	MAQUINARIA Y/O EQUIPO	CANTIDAD	MAQUINARIA Y/O EQUIPO	CANTIDAD
Sierra cuadar		Machimbradora		Cepilladora			
Sierra de banda		Rajilladora					
Reaserradora		Despuntadora					
Molduradora		Cepilladora					

13. Nombre del representante de la empresa _____

14. Firma _____ Fecha __/__/__

Calidad con que actúa _____

Vo.Bo. Director Regional o Subregional
(Según Artículo 14. Reglamento del Registro Nacional Forestal)

Vo.Bo. Asesor Jurídico
(Según Artículo 14. Reglamento del Registro Nacional Forestal)

7ª Avenida 6-80 Zona 13 Ciudad de Guatemala, C.A. e-mail: rnf@inab.gob.gt

TABLA 1 tabla de volumen en trozas individuales. (V=(Dm)^2 ·L·0.7854

LARGO DE TROZA (m)	DIAMETRO MEDIO DE TROZA (m)																											
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50
1.00	0.02	0.03	0.049	0.071	0.10	0.13	0.15	0.20	0.24	0.28	0.33	0.38	0.44	0.50	0.57	0.64	0.71	0.79	0.87	0.95	1.04	1.13	1.23	1.33	1.43	1.54	1.65	1.77
1.20	0.02	0.04	0.06	0.08	0.12	0.15	0.19	0.24	0.29	0.34	0.40	0.46	0.53	0.60	0.68	0.76	0.85	0.94	1.04	1.14	1.25	1.36	1.47	1.59	1.72	1.85	1.98	2.12
1.40	0.02	0.04	0.07	0.10	0.13	0.18	0.22	0.27	0.33	0.40	0.46	0.54	0.62	0.70	0.79	0.89	0.99	1.10	1.21	1.33	1.45	1.58	1.72	1.86	2.00	2.16	2.31	2.47
1.60	0.03	0.05	0.08	0.11	0.15	0.20	0.25	0.31	0.38	0.45	0.53	0.62	0.71	0.80	0.91	1.02	1.13	1.26	1.39	1.52	1.66	1.81	1.96	2.12	2.29	2.46	2.64	2.83
1.80	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.23	0.29	0.35	0.43	0.51	0.60	0.69	0.80	0.90	1.02	1.15	1.28	1.41	1.55	1.71	1.87	2.04	2.21	2.39	2.58	2.77	2.97	3.18
2.00	0.04	0.06	0.10	0.14	0.19	0.25	0.32	0.39	0.48	0.57	0.66	0.77	0.88	1.01	1.13	1.27	1.42	1.57	1.73	1.90	2.08	2.26	2.45	2.65	2.86	3.08	3.30	3.53
2.20	0.04	0.07	0.11	0.16	0.21	0.28	0.35	0.43	0.52	0.62	0.73	0.85	0.97	1.11	1.25	1.40	1.56	1.73	1.90	2.09	2.29	2.49	2.70	2.92	3.15	3.39	3.63	3.89
2.40	0.04	0.08	0.12	0.17	0.23	0.30	0.38	0.47	0.57	0.68	0.80	0.92	1.06	1.21	1.36	1.53	1.70	1.88	2.08	2.28	2.49	2.71	2.95	3.19	3.44	3.69	3.96	4.24
2.60	0.05	0.08	0.13	0.18	0.25	0.33	0.41	0.51	0.62	0.74	0.86	1.00	1.15	1.31	1.48	1.65	1.84	2.04	2.25	2.47	2.70	2.94	3.19	3.45	3.72	4.00	4.29	4.59
2.80	0.05	0.09	0.14	0.20	0.27	0.35	0.45	0.55	0.67	0.79	0.93	1.08	1.24	1.41	1.59	1.78	1.98	2.20	2.42	2.66	2.91	3.17	3.44	3.72	4.01	4.31	4.62	4.95
3.00	0.05	0.09	0.15	0.21	0.29	0.38	0.48	0.59	0.71	0.85	1.00	1.15	1.33	1.51	1.70	1.91	2.13	2.36	2.60	2.85	3.12	3.39	3.68	3.98	4.29	4.62	4.95	5.30
3.20	0.06	0.10	0.16	0.23	0.31	0.40	0.51	0.63	0.76	0.90	1.06	1.23	1.41	1.61	1.82	2.04	2.27	2.51	2.77	3.04	3.32	3.62	3.93	4.25	4.58	4.93	5.28	5.65
3.40	0.06	0.11	0.17	0.24	0.33	0.43	0.54	0.67	0.81	0.96	1.13	1.31	1.50	1.71	1.93	2.16	2.41	2.67	2.94	3.23	3.53	3.85	4.17	4.51	4.87	5.23	5.61	5.01
3.60	0.06	0.11	0.18	0.25	0.35	0.45	0.57	0.71	0.86	1.02	1.19	1.39	1.59	1.81	2.04	2.29	2.55	2.83	3.12	3.42	3.74	4.07	4.42	4.78	5.15	5.54	5.94	5.36
3.80	0.07	0.12	0.19	0.27	0.37	0.48	0.60	0.75	0.90	1.07	1.26	1.46	1.68	1.91	2.16	2.42	2.69	2.98	3.29	3.61	3.95	4.30	4.66	5.04	5.44	5.85	5.27	5.72
4.00	0.07	0.13	0.20	0.28	0.38	0.50	0.64	0.79	0.95	1.13	1.33	1.54	1.77	2.01	2.27	2.54	2.84	3.14	3.45	3.80	4.15	4.52	4.91	5.31	5.73	5.16	5.61	7.07
4.20	0.07	0.13	0.21	0.30	0.40	0.53	0.67	0.82	1.00	1.19	1.39	1.62	1.86	2.11	2.38	2.67	2.98	3.30	3.64	3.99	4.36	4.75	5.15	5.57	5.01	5.47	5.94	7.42
4.40	0.08	0.14	0.22	0.31	0.42	0.55	0.70	0.86	1.05	1.24	1.46	1.69	1.94	2.21	2.50	2.80	3.12	3.46	3.81	4.18	4.57	4.98	5.40	5.84	5.30	5.77	7.27	7.78
4.60	0.08	0.14	0.23	0.33	0.44	0.58	0.73	0.90	1.09	1.30	1.53	1.77	2.03	2.31	2.61	2.93	3.26	3.61	3.98	4.37	4.78	5.20	5.65	5.11	5.58	7.08	7.60	8.13
4.80	0.08	0.15	0.24	0.34	0.46	0.60	0.76	0.94	1.14	1.36	1.59	1.85	2.12	2.41	2.72	3.05	3.40	3.77	4.15	4.56	4.99	5.43	5.89	5.37	5.87	7.39	7.93	8.48
5.00	0.09	0.16	0.25	0.35	0.48	0.63	0.80	0.98	1.19	1.41	1.66	1.92	2.21	2.51	2.84	3.18	3.54	3.93	4.33	4.75	5.19	5.65	5.14	5.64	7.16	7.70	8.25	8.84
5.20	0.09	0.16	0.26	0.37	0.50	0.65	0.83	1.02	1.24	1.47	1.73	2.00	2.30	2.61	2.95	3.31	3.69	4.08	4.50	4.94	5.40	5.88	5.38	5.90	7.44	8.00	3.59	3.19
5.40	0.10	0.17	0.27	0.38	0.52	0.68	0.86	1.06	1.28	1.53	1.79	2.08	2.39	2.71	3.06	3.44	3.83	4.24	4.68	5.13	5.61	5.11	5.63	7.17	7.73	8.31	3.92	3.54
5.60	0.10	0.18	0.27	0.40	0.54	0.70	0.89	1.10	1.33	1.58	1.86	2.16	2.47	2.81	3.18	3.56	3.97	4.40	4.85	5.32	5.82	5.33	5.87	7.43	3.02	3.62	3.25	3.90
5.80	0.10	0.18	0.28	0.41	0.56	0.73	0.92	1.14	1.38	1.64	1.92	2.23	2.56	2.92	3.29	3.69	4.11	4.56	5.02	5.51	5.02	5.56	7.12	7.70	3.30	3.93	3.58	10.25
6.00	0.11	0.19	0.29	0.42	0.58	0.75	0.95	1.18	1.43	1.70	1.99	2.31	2.65	3.02	3.40	3.82	4.25	4.71	5.20	5.70	5.23	5.79	7.36	7.96	3.59	3.24	3.91	10.60
6.20	0.11	0.19	0.30	0.44	0.60	0.78	0.99	1.22	1.47	1.75	2.06	2.39	2.74	3.12	3.52	3.94	4.39	4.87	5.37	5.89	5.44	7.01	7.61	3.23	3.87	3.54	10.24	10.96
6.40	0.11	0.20	0.31	0.45	0.62	0.80	1.02	1.26	1.52	1.81	2.12	2.46	2.83	3.22	3.63	4.07	4.54	5.03	5.54	6.08	5.65	7.24	7.85	3.49	3.16	3.85	10.57	11.31
6.60	0.12	0.21	0.32	0.47	0.63	0.83	1.05	1.30	1.57	1.87	2.19	2.54	2.92	3.32	3.75	4.20	4.68	5.18	5.71	5.27	5.86	7.46	3.10	3.76	3.45	10.16	10.90	11.66
6.80	0.12	0.21	0.33	0.48	0.65	0.85	1.08	1.34	1.62	1.92	2.26	2.62	3.00	3.42	3.86	4.33	4.82	5.34	5.89	5.46	7.06	7.69	3.34	3.03	3.73	10.47	11.23	12.02
7.00	0.12	0.22	0.34	0.49	0.67	0.88	1.11	1.37	1.66	1.98	2.32	2.69	3.09	3.52	3.97	4.45	4.96	5.50	5.06	5.65	7.27	7.92	3.59	3.29	10.02	10.78	11.56	12.37

* CUANDO NO SE ENCUENTREN LAS MEDIDAS EXACTAS DE LA TROZA APROXIMAR AL INMEDIATO INFERIOR.

ADVERTENCIA. Usar solamente para estimar volumenes de trozas no mayores de 5 metros de largo.
para trozas mayores, es admisible un error de + o - 10%. Se consideran las trozas como cilindros perfectos.

TABLA 2 Cubicación de Madera en Vehículo de transporte

Cubicación para camiones con un ancho de 2m

ALTO DE LA MADERA	LARGO DEL CAMION (m)														
	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00
1.00	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
1.25	3.8	13.1	5.0	5.6	6.3	6.9	7.5	8.1	8.8	9.4	10.0	10.6	11.3	11.9	12.5
1.50	4.5	15.8	6.0	6.8	7.5	8.3	9.0	9.8	10.5	11.3	12.0	12.8	13.5	14.3	15.0
1.75	5.3	18.4	7.0	7.9	8.8	9.6	10.5	11.4	12.3	13.1	14.0	14.9	15.8	16.6	17.5
2.00	6.0	21.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0
2.25	6.8	23.6	9.0	10.1	11.3	12.4	13.5	14.6	15.8	16.9	18.0	19.1	20.3	21.4	22.5
2.50	7.5	26.3	10.0	11.3	12.5	13.8	15.0	16.3	17.5	18.8	20.0	21.3	22.5	23.8	25.0
2.75	8.3	28.9	11.0	12.4	13.8	15.1	16.5	17.9	19.3	20.6	22.0	23.4	24.8	26.1	27.5
3.00	9.0	31.5	12.0	13.5	15.0	16.5	18.0	19.5	21.0	22.5	24.0	25.5	27.0	28.5	30.0

Cubicación para camiones con un ancho de 2.5m

ALTO DE LA MADERA	LARGO DEL CAMION (m)														
	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00
1.00	3.8	4.4	5.0	5.6	6.3	6.9	7.5	8.1	8.8	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
1.25	4.7	5.5	6.3	7.0	7.8	8.6	9.4	10.2	10.9	9.4	10.0	10.6	11.3	11.9	12.5
1.50	5.6	6.6	7.5	8.4	9.4	10.3	11.3	12.2	13.1	11.3	12.0	12.8	13.5	14.3	15.0
1.75	6.6	7.7	8.8	9.8	10.9	12.0	13.1	14.2	15.3	13.1	14.0	14.9	15.8	16.6	17.5
2.00	7.5	8.8	10.0	11.3	12.5	13.8	15.0	16.3	17.5	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0
2.25	8.4	9.8	11.3	12.7	14.1	15.5	16.9	18.3	19.7	16.9	18.0	19.1	20.3	21.4	22.5
2.50	9.4	10.9	12.5	14.1	15.6	17.2	18.8	20.3	21.9	18.8	20.0	21.3	22.5	23.8	25.0
2.75	10.3	12.0	13.8	15.5	17.2	18.9	20.6	22.3	24.1	20.6	22.0	23.4	24.8	26.1	27.5
3.00	11.3	13.1	15.0	16.9	18.8	20.6	22.5	24.4	26.3	22.5	24.0	25.5	27.0	28.5	30.0

Cubicación para camiones con un ancho de 3m

ALTO DE LA MADERA	LARGO DEL CAMION (m)														
	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00
1.00	4.5	5.3	6.0	6.8	7.5	8.3	9.0	9.8	10.5	11.3	12.0	12.8	13.5	14.3	15.0
1.25	5.6	6.6	7.5	8.4	9.4	10.3	11.3	12.2	13.1	14.1	15.0	15.9	16.9	17.8	18.8
1.50	6.8	7.9	9.0	10.1	11.3	12.4	13.5	14.6	15.8	16.9	18.0	19.1	20.3	21.4	22.5
1.75	7.9	9.2	10.5	11.8	13.1	14.4	15.8	17.1	18.4	19.7	24.0	22.3	23.6	24.9	26.3
2.00	9.0	10.5	12.0	13.5	15.0	16.5	18.0	19.5	21.0	22.5	24.0	25.5	27.0	28.5	30.0
2.25	10.1	11.8	13.5	15.2	16.9	18.6	20.3	21.9	23.6	25.3	27.0	28.7	30.4	32.1	33.8
2.50	11.3	13.1	15.0	16.9	18.8	20.6	22.5	24.4	26.3	28.1	30.0	31.9	33.8	35.6	37.5
2.75	12.4	14.4	16.5	18.6	20.6	22.7	24.8	26.8	28.9	30.9	33.0	35.1	37.1	39.2	41.3
3.00	13.5	15.8	18.0	20.3	22.5	24.8	27.0	29.3	31.5	33.8	36.0	38.3	40.5	42.8	45.0

TABLA 3 Calculo de volumen de leña apilada. (v- Alto * Largo * Ancho * 0.784)

ALTO DE LA LEÑA (m)	LARGO DE LA LEÑA (m)												
	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00
1.00	0.47	0.71	0.94	1.18	1.41	1.65	1.88	2.12	2.35	2.59	2.82	3.06	3.29
1.25	0.59	0.88	1.18	1.47	1.76	2.06	2.35	2.65	2.94	3.23	3.53	3.82	4.12
1.50	0.71	1.06	1.41	1.76	2.12	2.47	2.82	3.18	3.53	3.88	4.23	4.59	4.94
1.75	0.82	1.23	1.65	2.06	2.47	2.88	3.29	3.70	4.12	4.53	4.94	5.35	5.76
2.00	0.94	1.41	1.88	2.35	2.82	3.29	3.76	4.23	4.70	5.17	5.64	6.12	6.59
2.25	1.06	1.59	2.12	2.65	3.18	3.70	4.23	4.76	5.29	5.82	6.35	6.88	7.41
2.50	1.18	1.76	2.35	2.94	3.53	4.12	4.70	5.29	5.88	6.47	7.06	7.64	8.23
2.75	1.29	1.94	2.59	3.23	3.88	4.53	5.17	5.82	6.47	7.11	7.76	8.41	9.06
3.00	1.41	2.12	2.82	3.53	4.23	4.94	5.64	6.35	7.06	7.76	8.47	9.17	9.88
3.25	1.53	2.29	3.06	3.82	4.59	5.35	6.12	6.88	7.64	8.41	9.17	9.94	10.70
3.50	1.65	2.47	3.29	4.12	4.94	5.76	6.59	7.41	8.23	9.06	9.88	10.70	11.52
3.75	1.76	2.65	3.53	4.41	5.29	6.17	7.06	7.94	8.82	9.70	10.58	11.47	12.35
4.00	1.88	2.82	3.76	4.70	5.64	6.59	7.53	8.47	9.41	10.35	11.29	12.23	13.17
4.25	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	12.99	13.99
4.50	2.12	3.18	4.23	5.29	6.35	7.41	8.47	9.53	10.58	11.64	12.70	13.76	14.82
4.75	2.23	3.35	4.47	5.59	6.70	7.82	8.94	10.05	11.17	12.29	13.41	14.52	15.64
5.00	2.35	3.53	4.70	5.88	7.06	8.23	9.41	10.58	11.76	12.94	14.11	15.29	16.46

* CUANDO NO SE ENCUENTRE N LAS MEDIDAS EXACTAS DE LA TROZA PROXIMAR AL INMEDIATO INFERIOR

Seconsidera un largo promedio de leña de 0.6

TABLA 4 Calculo de volumen de leña no apilada. V=(diametro²*altura*0.16336)

DIAMETRO (m) \ ALTURA (h) m	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00
5.00	3.54	3.81	13.09	16.36	19.63	22.90	26.17	29.44	32.71	35.98	39.26	42.53	45.80	49.07	52.34	55.61	58.88	62.15	65.43
5.50	7.92	11.87	15.83	19.79	23.75	27.71	31.67	35.62	39.58	43.54	47.50	51.46	55.41	59.37	63.33	67.29	71.25	75.21	79.16
6.00	3.42	14.13	18.84	23.55	28.26	32.97	37.68	42.40	47.11	51.82	56.53	61.24	65.95	70.66	75.37	80.08	84.79	89.50	94.21
6.50	11.08	16.59	22.11	27.64	33.17	38.70	44.23	49.76	55.28	60.81	66.34	71.87	77.40	82.93	88.45	93.98	99.51	105.04	110.57
7.00	12.82	19.23	25.65	32.06	38.47	44.88	51.29	57.70	64.12	70.53	76.94	83.35	89.76	96.17	102.59	109.00	115.41	121.82	128.23
7.50	14.72	22.08	29.44	36.80	44.16	51.52	58.88	66.24	73.60	80.96	88.32	95.68	103.04	110.40	117.77	125.13	132.49	139.85	147.21
8.00	16.75	25.12	33.50	41.87	50.25	58.62	67.00	75.37	83.74	92.12	100.49	108.87	117.24	125.62	133.99	142.36	150.74	159.11	167.49
8.50	18.91	28.36	37.82	47.27	56.72	66.18	75.63	85.09	94.54	103.99	113.45	122.90	132.35	141.81	151.26	160.72	170.17	179.62	189.08
9.00	21.20	31.80	42.40	52.99	63.59	74.19	84.79	95.39	105.99	116.59	127.19	137.79	148.38	158.98	169.58	180.18	190.78	201.38	211.98
9.50	23.62	35.43	47.24	59.05	70.86	82.66	94.47	106.28	118.09	129.90	141.71	153.52	165.33	177.14	188.95	200.76	212.57	224.38	236.18
10.00	26.17	39.26	52.34	65.43	78.51	91.60	104.68	117.77	130.85	143.94	157.02	170.11	183.19	196.28	209.36	222.45	235.53	248.62	261.70
10.50	28.85	43.28	57.70	72.13	86.56	100.98	115.41	129.84	144.26	158.69	173.11	187.54	201.97	216.39	230.82	245.25	259.67	274.10	288.52
11.00	31.67	47.50	63.33	79.16	95.00	110.83	126.66	142.50	158.33	174.16	189.99	205.83	221.66	237.49	253.33	269.16	284.99	300.82	316.66
11.50	34.61	51.91	69.22	86.52	103.83	121.13	138.44	155.74	173.05	190.35	207.66	224.96	242.27	259.57	276.88	294.18	311.49	328.79	346.10
12.00	37.68	56.53	75.37	94.21	113.05	131.90	150.74	169.58	188.42	207.27	226.11	244.95	263.79	282.64	301.48	320.32	339.16	358.01	376.85
12.50	40.89	61.34	81.78	102.23	122.67	143.12	163.56	184.01	204.45	224.90	245.34	265.79	286.23	306.68	327.13	347.57	368.02	388.46	408.91
13.00	44.23	66.34	88.45	110.57	132.68	154.80	176.91	199.02	221.14	243.25	265.36	287.48	309.59	331.70	353.82	375.93	398.05	420.16	442.27
13.50	47.69	71.54	95.39	119.24	143.08	166.93	190.78	214.63	238.47	262.32	286.17	310.02	333.86	357.71	381.56	405.41	429.25	453.10	476.95
14.00	51.29	76.94	102.59	128.23	153.88	179.53	205.17	230.82	256.47	282.11	307.76	333.41	359.05	384.70	410.35	435.99	461.64	487.29	512.93
14.50	55.02	82.53	110.04	137.56	165.07	192.58	220.09	247.60	275.11	302.62	330.13	357.65	385.16	412.67	440.18	467.69	495.20	522.71	550.22
15.00	58.88	88.32	117.77	147.21	176.65	206.09	235.53	264.97	294.41	323.85	353.30	382.74	412.18	441.62	471.06	500.50	529.94	559.38	588.83
15.50	62.87	94.31	125.75	157.18	188.62	220.06	251.49	282.93	314.37	345.80	377.24	408.68	440.11	471.55	502.99	534.42	565.86	597.30	628.73
16.00	67.00	100.49	133.99	167.49	200.99	234.48	267.98	301.48	334.98	368.47	401.97	435.47	468.97	502.46	535.96	569.46	602.96	636.45	669.95
16.50	71.25	106.87	142.50	178.12	213.74	249.37	284.99	320.62	356.24	391.86	427.49	463.11	498.73	534.36	569.98	605.61	641.23	676.85	712.48
17.00	75.63	113.45	151.26	189.08	226.89	264.71	302.53	340.34	378.16	415.97	453.79	491.60	529.42	567.23	605.05	642.87	680.68	718.50	756.31
17.50	80.15	120.22	160.29	200.36	240.44	280.51	320.58	360.66	400.73	440.80	480.87	520.95	561.02	601.09	641.17	681.24	721.31	761.38	801.46
18.00	84.79	127.19	169.58	211.98	254.37	296.77	339.16	381.56	423.95	466.35	508.74	551.14	593.54	635.93	678.33	720.72	763.12	805.51	847.91
18.50	89.57	134.35	179.13	223.92	268.70	313.48	358.27	403.05	447.83	492.62	537.40	582.18	626.97	671.75	716.53	761.32	806.10	850.88	895.67
19.00	94.47	141.71	188.95	236.18	283.42	330.66	377.89	425.13	472.37	519.61	566.84	614.08	661.32	708.55	755.79	803.03	850.26	897.50	944.74
19.50	99.51	149.27	199.02	248.78	298.53	348.29	398.05	447.80	497.56	547.31	597.07	646.82	696.58	746.34	796.09	845.85	895.60	945.36	995.11
20.00	104.66	157.00	209.36	261.70	314.04	366.38	418.72	471.06	523.40	575.74	628.08	680.42	732.76	785.10	837.44	889.78	942.12	994.46	1046.80
20.50	109.96	164.97	219.96	274.95	329.94	384.93	439.92	494.91	549.90	604.89	659.88	714.87	769.86	824.85	879.84	934.83	989.81	1044.80	1099.79
21.00	115.41	173.11	230.82	288.52	346.23	403.93	461.64	519.34	577.05	634.75	692.46	750.16	807.87	865.57	923.28	980.98	1038.69	1096.39	1154.10
21.50	120.97	181.46	241.94	302.43	362.91	423.40	483.88	544.37	604.85	665.34	725.82	786.31	846.80	907.28	967.77	1028.25	1088.74	1149.22	1209.71
22.00	126.66	189.99	253.30	316.66	379.99	443.32	506.65	569.98	633.31	696.65	759.98	823.31	886.64	949.97	1013.30	1076.63	1139.97	1203.30	1266.63
22.50	132.49	198.73	264.97	331.21	397.46	463.70	529.94	596.19	662.43	728.67	794.91	861.16	927.40	993.64	1059.89	1126.13	1192.37	1258.61	1324.86
23.00	138.44	207.66	276.88	346.10	415.32	484.54	553.76	622.99	692.20	761.42	830.64	899.86	969.08	1038.29	1107.51	1176.73	1245.95	1315.17	1384.39
23.50	144.52	216.79	289.05	361.31	433.57	505.83	578.10	650.36	722.62	794.88	867.14	939.40	1011.67	1083.93	1156.19	1228.45	1300.71	1372.98	1445.24
24.00	150.74	226.11	301.48	376.85	452.22	527.59	602.96	678.33	753.70	829.07	904.44	979.80	1055.17	1130.54	1205.91	1281.28	1356.65	1432.02	1507.39
24.50	157.09	235.63	314.17	392.71	471.26	549.80	628.34	706.88	785.43	863.97	942.51	1021.06	1099.60	1178.14	1256.69	1335.23	1413.77	1492.31	1570.85
25.00	163.56	245.34	327.13	408.91	490.69	572.47	654.25	736.03	817.81	899.59	981.38	1063.16	1144.94	1226.72	1308.50	1390.28	1472.06	1553.84	1635.63

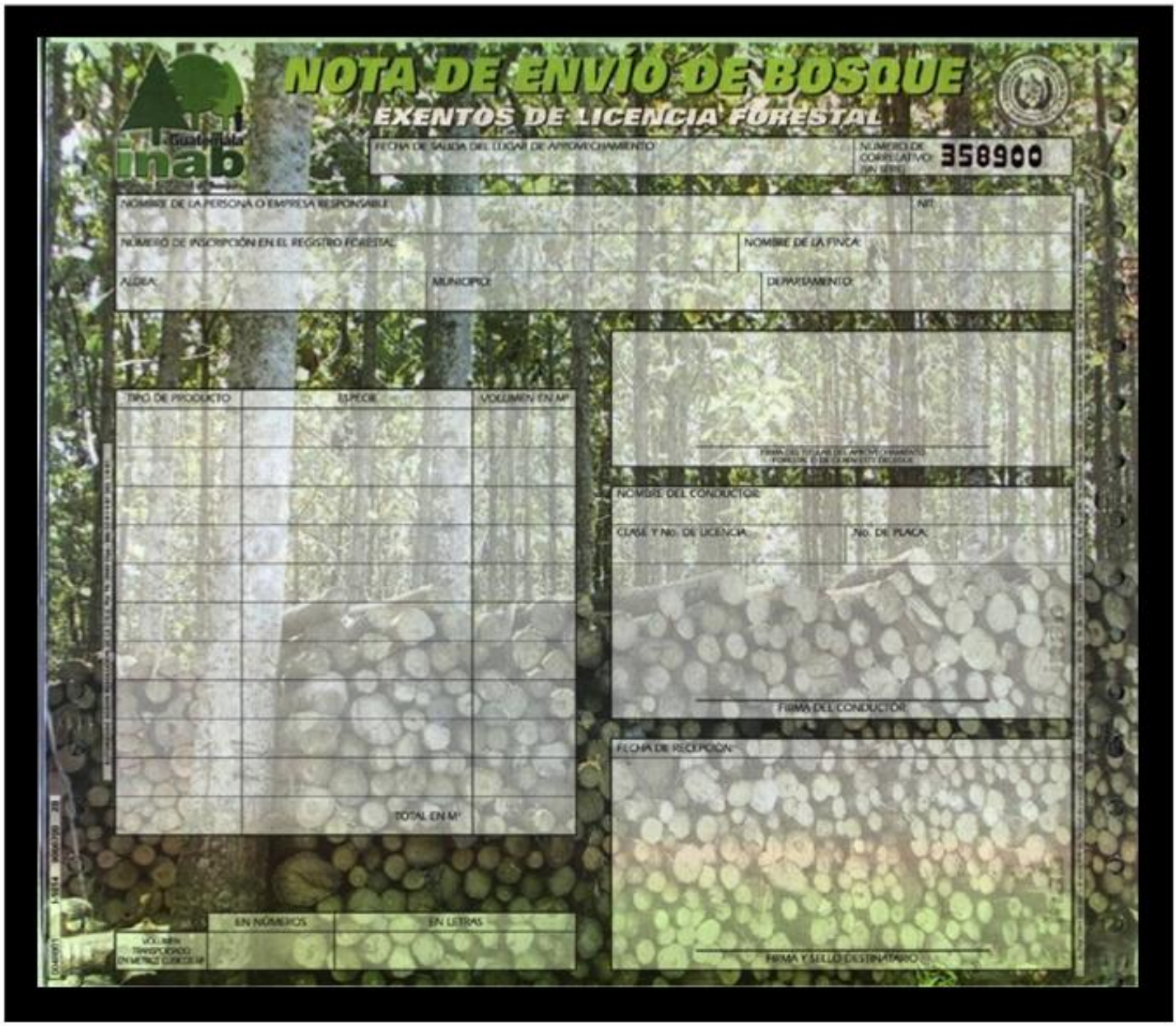
TABLA 5 Conversión de metros cúbicos a pies tablares

m³	pt	m³	pt	m³	pt	m³	pt	m³	pt	m³	pt	m³	pt	m³	pt	m³	pt
1.00	424.00	2.05	869.20	3.10	1314.40	4.15	1759.60	5.20	2204.80	6.25	2650.00	7.30	3095.20	8.35	3540.40	9.40	3985.60
1.05	445.20	2.10	890.40	3.15	1335.60	4.20	1780.80	5.25	2226.00	6.30	2671.20	7.35	3116.40	8.40	3561.60	9.45	4006.80
1.10	466.40	2.15	911.60	3.20	1356.80	4.25	1802.00	5.30	2247.20	6.35	2692.40	7.40	3137.60	8.45	3582.80	9.50	4028.00
1.15	487.60	2.20	932.80	3.25	1378.00	4.30	1823.20	5.35	2268.40	6.40	2713.60	7.45	3158.80	8.50	3604.00	9.55	4049.20
1.20	508.80	2.25	954.00	3.30	1399.20	4.35	1844.40	5.40	2289.60	6.45	2734.80	7.50	3180.00	8.55	3625.20	9.60	4070.40
1.25	530.00	2.30	975.20	3.35	1420.40	4.40	1865.60	5.45	2310.80	6.50	2756.00	7.55	3201.20	8.60	3646.40	9.65	4091.60
1.30	551.20	2.35	996.40	3.40	1441.60	4.45	1886.80	5.50	2332.00	6.55	2777.20	7.60	3222.40	8.65	3667.60	9.70	4112.80
1.35	572.40	2.40	1017.60	3.45	1462.80	4.50	1908.00	5.55	2353.20	6.60	2798.40	7.65	3243.60	8.70	3688.80	9.75	4134.00
1.40	593.60	2.45	1038.80	3.50	1484.00	4.55	1929.20	5.60	2374.40	6.65	2819.60	7.70	3264.80	8.75	3710.00	9.80	4155.20
1.45	614.80	2.50	1060.00	3.55	1505.20	4.60	1950.40	5.65	2395.60	6.70	2840.80	7.75	3286.00	8.80	3731.20	9.85	4176.40
1.50	636.00	2.55	1081.20	3.60	1526.40	4.65	1971.60	5.70	2416.80	6.75	2862.00	7.80	3307.20	8.85	3752.40	9.90	4197.60
1.55	657.20	2.60	1102.40	3.65	1547.60	4.70	1992.80	5.75	2438.00	6.80	2883.20	7.85	3328.40	8.90	3773.60	9.95	4218.80
1.60	678.40	2.65	1123.60	3.70	1568.80	4.75	2014.00	5.80	2459.20	6.85	2904.40	7.90	3349.60	8.95	3794.80	10.00	4240.00
1.65	699.60	2.70	1144.80	3.75	1590.00	4.80	2035.20	5.85	2480.40	6.90	2925.60	7.95	3370.80	9.00	3816.00	10.05	4261.20
1.70	720.80	2.75	1166.00	3.80	1611.20	4.85	2056.40	5.90	2501.60	6.95	2946.80	8.00	3392.00	9.05	3837.20	10.10	4282.40
1.75	742.00	2.80	1187.20	3.85	1632.40	4.90	2077.60	5.95	2522.80	7.00	2968.00	8.05	3413.20	9.10	3858.40	10.15	4303.60
1.80	763.20	2.85	1208.40	3.90	1653.60	4.95	2098.80	6.00	2544.00	7.05	2989.20	8.10	3434.40	9.15	3879.60	10.20	4324.80
1.85	784.40	2.90	1229.60	3.95	1674.80	5.00	2120.00	6.05	2565.20	7.10	3010.40	8.15	3455.60	9.20	3900.80	10.25	4346.00
1.90	805.60	2.95	1250.80	4.00	1696.00	5.05	2141.20	6.10	2586.40	7.15	3031.60	8.20	3476.80	9.25	3922.00	10.30	4367.20
1.95	826.80	3.00	1272.00	4.05	1717.20	5.10	2162.40	6.15	2607.60	7.20	3052.80	8.25	3498.00	9.30	3943.20	10.35	4388.40
2.00	848.00	3.05	1293.20	4.10	1738.40	5.15	2183.60	6.20	2628.80	7.25	3074.00	8.30	3519.20	9.35	3964.40	10.40	4409.60

TABLA 6 Conversión de pies tablares a metros cúbicos

pt	m³	pt	m³	pt	m³	pt	m³	pt	m³	pt	m³	pt	m³	pt	m³	pt	m³
400	0.94	1450	3.42	2500	5.90	3550	8.37	4600	10.85	5650	13.33	6700	15.80	7750	18.28	8800	20.75
450	1.06	1500	3.54	2550	6.01	3600	8.49	4650	10.97	5700	13.44	6750	15.92	7800	18.40	8850	20.87
500	1.18	1550	3.66	2600	6.13	3650	8.61	4700	11.08	5750	13.56	6800	16.04	7850	18.51	8900	20.99
550	1.30	1600	3.77	2650	6.25	3700	8.73	4750	11.20	5800	13.68	6850	16.16	7900	18.63	8950	21.11
600	1.42	1650	3.89	2700	6.37	3750	8.84	4800	11.32	5850	13.80	6900	16.27	7950	18.75	9000	21.23
650	1.53	1700	4.01	2750	6.49	3800	8.96	4850	11.44	5900	13.92	6950	16.39	8000	18.87	9050	21.34
700	1.65	1750	4.13	2800	6.60	3850	9.08	4900	11.56	5950	14.03	7000	16.51	8050	18.99	9100	21.46
750	1.77	1800	4.25	2850	6.72	3900	9.20	4950	11.67	6000	14.15	7050	16.63	8100	19.10	9150	21.58
800	1.89	1850	4.36	2900	6.84	3950	9.32	5000	11.79	6050	14.27	7100	16.75	8150	19.22	9200	21.70
850	2.00	1900	4.48	2950	6.96	4000	9.43	5050	11.91	6100	14.39	7150	16.86	8200	19.34	9250	21.82
900	2.12	1950	4.60	3000	7.08	4050	9.55	5100	12.03	6150	14.50	7200	16.98	8250	19.46	9300	21.93
950	2.24	2000	4.72	3050	7.19	4100	9.67	5150	12.15	6200	14.62	7250	17.10	8300	19.58	9350	22.05
1000	2.36	2050	4.83	3100	7.31	4150	9.79	5200	12.26	6250	14.74	7300	17.22	8350	19.69	9400	22.17
1050	2.48	2100	4.95	3150	7.43	4200	9.91	5250	12.38	6300	14.86	7350	17.33	8400	19.81	9450	22.29
1100	2.59	2150	5.07	3200	7.55	4250	10.02	5300	12.50	6350	14.98	7400	17.45	8450	19.93	9500	22.41
1150	2.71	2200	5.19	3250	7.67	4300	10.14	5350	12.62	6400	15.09	7450	17.57	8500	20.05	9550	22.52
1200	2.83	2250	5.31	3300	7.78	4350	10.26	5400	12.74	6450	15.21	7500	17.69	8550	20.17	9600	22.64
1250	2.95	2300	5.42	3350	7.90	4400	10.38	5450	12.85	6500	15.33	7550	17.81	8600	20.28	9650	22.76
1300	3.07	2350	5.54	3400	8.02	4450	10.50	5500	12.97	6550	15.45	7600	17.92	8650	20.40	9700	22.88
1350	3.18	2400	5.66	3450	8.14	4500	10.61	5550	13.09	6600	15.57	7650	18.04	8700	20.52	9750	23.00
1400	3.30	2450	5.78	3500	8.25	4550	10.73	5600	13.21	6650	15.68	7700	18.16	8750	20.64	9800	23.11

50.6. APÉNDICE —Capítulo 27


NOTA DE ENVIO DE BOSQUE
EXENTOS DE LICENCIA FORESTAL
inab
FECHA DE SALIDA DEL LUGAR DE APROVECHAMIENTO:
NUMERO DE CORRELATIVO (EN SERIE)
358900
NOMBRE DE LA PERSONA O EMPRESA RESPONSABLE:
NIT:
NUMERO DE INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO FORESTAL:
NOMBRE DE LA FINCA:
ALDEA:
MUNICIPIO:
DEPARTAMENTO:
TIPO DE PRODUCTO
ESPECIE
VOLUMEN EN M³
TOTAL EN M³
FIRMA DEL TITULAR DEL APROVECHAMIENTO O PERSONA A QUIEN SE OTORGUE DELEGACIÓN
NOMBRE DEL CONDUCTOR:
CLASE Y No. DE LICENCIA:
No. DE PLACA:
FIRMA DEL CONDUCTOR
FECHA DE RECEPCION:
EN NÚMEROS
EN LETRAS
FIRMA Y SELLO DESTINATARIO

CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS
CONAP
PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA
GUATEMALA, C. A.

Nº C 004078

GUIA DE TRANSPORTE DE VIDA SILVESTRE MADERABLE

1. Titular de la Licencia o Credencial: _____
2. Dirección: _____ Teléfono: _____
3. Número de resolución que autoriza el Plan de Manejo o Plan Operativo: _____
4. No. de Licencia o credencial: _____
5. Area Protegida: _____ 6. Zona de Manejo: _____
7. Cuadro de especies a transportar:

Nombre Científico y Nombre Común de la(s) especie(s)		Tipo de producto	Volumen (m^3)	
			Cantidad en números	Cantidad en letras
Volumen total a transportar (m^3)				

8. Observaciones: _____
9. Dirección de origen: _____
10. Dirección de destino: _____
11. Fecha de emisión: _____
12. Fecha de vencimiento: _____
13. Nombre y cargo de la autoridad que emite esta guía: _____
14. Nombre del usuario autorizado para retirar la guía: _____

ANULADO

Firma y Sello de la autoridad del CONAP

ANULADO

Firma del usuario autorizado para retirar la guía de transporte

El volumen consignado en esta guía de transporte, es valido solamente para un viaje. Por el uso inadecuado del presente documento, se sancionará a los responsables de conformidad con los artículos 61 al 84 del Decreto 4-89, Ley de Areas Protegidas.

1. **Original:** **Destino Final**
2. **Duplicado:** **Emisor (CONAP)**
3. **Triplicado:** **CONAP Central**
4. **Cuadruplicado:** **Usuario**

ORIGINAL ORIGINAL ORIGINAL

* Para consumos familiares la Guía original deberá retornar al CONAP.

Información del vehículo que transporta el producto maderable e información del piloto que conduce el vehiculo (completada por usuario)

14. Datos del vehiculo

a. Tipo: _____ b. Marca: _____ c. Color: _____

d. Número de placas: _____ e. Observaciones: _____

15. Datos del Piloto

a. Nombre completo: _____

b. Cédula (orden, registro, lugar de extensión): _____

c. Licencia (tipo y número): _____

Declaro bajo juramento que la información consignada en este documento es verídica. El recurso maderable transportado corresponde a la(s) especie(s) y volumen correspondiente, información que puede ser verificada por las autoridades competentes. En caso de que se establezcan anomalías y falsedad en la información, me someto a lo establecido en las leyes en la materia vigente en el país.

Nombre de la persona que recibe la guía: _____

Firma _____

CONTROL EN CARRETERA

Institución: _____

Lugar: _____

Fecha (día, mes, año): _____ Hora: _____

Observaciones: _____

Nombre del Oficial _____ Firma _____

Institución: _____

Lugar: _____

Fecha (día, mes, año): _____ Hora: _____

Observaciones: _____

Nombre del Oficial _____ Firma _____

Institución: _____

Lugar: _____

Fecha (día, mes, año): _____ Hora: _____

Observaciones: _____

Nombre del Oficial _____ Firma _____

50.7. APÉNDICE —Capítulo 31

Form. RNF - IF

Instituto Nacional de Bosques

REGISTRO DE INDUSTRIAS FORESTALES

INSCRIPCION ☐ ACTUALIZACION ☐ Año ☐ Correlativo IF _____

REQUISITOS

a) Presentar el formulario correspondiente, debidamente lleno; b) Informe técnico que será practicado de oficio por orden de la Dirección Regional o Subregional correspondiente; c) Fotocopia de la patente de comercio autenticada con la especificación clara del objeto del negocio como actividad forestal, dirección exacta del sitio de funcionamiento; si es sucursal debe contar con su propia patente de comercio; d) Fotocopia del carné del NIT; e) Fotocopia de la Cédula de Vecindad del propietario o representante legal de la empresa, en su caso, con fotocopia de su respectivo nombramiento.

INSTRUCCIONES: Debe llenar **COMPLETAMENTE el formulario**. La industria debe iniciar operaciones para ser inscrita. Cualquier duda debe ser consultada con el técnico forestal. No se aceptan formularios incompletos.

A DATOS GENERALES

1. Nombre comercial (completo) _____
(TAL COMO ESTA EN LA PATENTE)
2. Registro Mercantil No. _____/_____/_____ NIT de la empresa _____
3. Objeto de la empresa: _____
(TAL COMO ESTA EN LA PATENTE)
4. Nombre del Propietario de la empresa _____
5. Nombre del Representante legal _____
6. Ubicación de la planta _____ Municipio _____
(TAL COMO ESTA EN LA PATENTE)
Departamento _____ Telefonos _____ FAX _____
7. OTRO REGISTRO FORESTAL: DEPOSITO No. _____ EXPORTADOR No. _____ OTRO _____
Dirección para notificaciones _____

B ESTADISTICA

8. Tipo de industria por su estacionalidad: ESTACIONARIA ☐ MOVIL ☐ CARPINTERÍA ☐
9. MATERIA PRIMA utilizada en el proceso de producción: Indique el tipo de producto y la cantidad en metros cúbicos mensual.

TIPO DE PRODUCTO	Metros Cubicos CONIFERAS	Metros Cubicos LATIFOLIADAS	→	TIPO DE PRODUCTO	Metros Cubicos CONIFERAS	Metros Cubicos LATIFOLIADAS
Madera en rollo (trozas)						
Madera aserrada						

10. Tipo de industria por la naturaleza de transformación de materia prima y producción mensual en metros cúbicos:

PRODUCTO	Volumen	→	PRODUCTO	Volumen	→	PRODUCTO	Volumen
Celulosa y papel			Fabricación muebles			Leña	
Tableros terciados			Marcos/puertas/ventanas			Otros productos:	
Chapa			Paletas				
Juguetes/piezas torneas			Astillas				
Parquet			Tableros de fibra				
Viruta			Rehalajes (cajas, etc)				
Aserrío			Palos para escoba				
Tableros de partículas			Aserrío			Tituchos (m³)	

11. No. turnos de 8 horas al día _____ No. días trabajados año _____ No. Personal Administrativo _____ No. Puestos Operativos _____ otros _____

12. Descripción del equipo/maquinaria y equipo: En las casillas de las columnas de maquinaria y/o equipo en blanco agregue las que no estén listadas.

MAQUINARIA Y/O EQUIPO	CANTIDAD	MAQUINARIA Y/O EQUIPO	CANTIDAD	→ MAQUINARIA Y/O EQUIPO	CANTIDAD	MAQUINARIA Y/O EQUIPO	CANTIDAD
Sierra cinular		Machimbradora		Cepilladora			
Sierra de banda		Rebilladora					
Reaserradora		Despuntadora Cepilladora					
Moldeadora							

13. Nombre del representante de la empresa _____
Calidad con que actúa _____
14. Firma _____ Fecha / /

Vo.Bo. _____ Director Regional o Subregional
(Según Artículo 14. Reglamento del Registro Nacional Forestal)

Vo.Bo. _____ Asesor Jurídico
(Según Artículo 14. Reglamento del Registro Nacional Forestal)

7ª Avenida 6-80 Zona 13 Ciudad de Guatemala, C.A. e-mail: _____

No.	NOMBRE	CATEGORÍA DE MANEJO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	AÑO	ESTATUS DEL PLAN MAESTRO	ESTADO
1	Tikal ***	Parque Nacional	Petén	1955	APROBADO 2003, Resolución de CONAP ALC02/09/2003	No Vigente
2	Cerro Cahuí	Biotopo Protegido	Petén	1989	APROBADO 2003 Resolución DE CONAP ALC 05/07/2003	No Vigente
3	Sierra del Lacandón	Parque Nacional	Petén	1990	APROBADO 2006 Resolución DJ 91/2006 de fecha 10/04/2006	Vigente
4	Laguna del Tigre **	Parque Nacional	Petén	1990	APROBADO 2010 Resolución 203/2010 de fecha 2/06/2010	Vigente
5	Laguna del Tigre -Río Escondido- **	Biotopo Protegido	Petén	1990	APROBADO 2007 Resolución DJ 307/2007 de fecha 16/10/2007	Vigente
6	Mirador - Río Azul	Parque Nacional	Petén	1990	APROBADO EN 2009 Resolución No. 324/2009.	Vigente
7	San Miguel La Palotada - El Zotz	Biotopo Protegido	Petén	1990	NO TIENE PLAN MAESTRO	No Vigente
8	Naachtún - Dos Lagunas	Biotopo Protegido	Petén	1990	APROBADO EN 2009 Resolución No. 324/2009	Vigente
9	El Pilar	Monumento Cultural	Petén	1997	APROBADO 2004 Resolución DE CONAP No DJ165/2004	No Vigente
10	Yaxhá - Nakúm - Naranjo **	Parque Nacional	Petén	2003	APROBADO EN 2006 Resolución No. 224/2006	Vigente
11	Maya	Reserva de Biosfera	Petén	1990	APROBADO EN 2001 Resolución No. 031/2001	No Vigente
12	San Román	Reserva Biológica	Petén	1995	APROBADO EN 2008 Resolución No. 125/2008	Vigente

13	El Pucté	Refugio de Vida Silvestre	Petén	1995	APROBADO EN 2008 Resolución No. 125/2008	Vigente
14	Petexbatún	Refugio de Vida Silvestre	Petén	1995	APROBADO EN 2008 Resolución No. 125/2008	Vigente
15	Aguateca	Monumento Cultural	Petén	1995	APROBADO EN 2008 Resolución No. 125/2008	Vigente
16	Dos Pilas	Monumento Cultural	Petén	1995	APROBADO EN 2008 Resolución No. 125/2008	Vigente
17	Ceibal	Monumento Cultural	Petén	1995	APROBADO EN 2008 Resolución No. 125/2008	Vigente
18	Montañas Mayas Chiquibul	Reserva de Biosfera	Petén	1995	APROBADO 2004 Resolución DE CONAP No DJ271/2004	No Vigente
19	Machaquilá	Refugio de Vida Silvestre	Petén	1995	APROBADO 2004 Resolución DE CONAP No DJ271/2004	No Vigente
20	Xutilhá	Refugio de Vida Silvestre	Petén	1995	APROBADO 2004 Resolución DE CONAP No DJ271/2004	No Vigente

50.8. APÉNDICE —Capítulo 32

Form. RNF-EXIM

Instituto Nacional de Bosques

REGISTRO DE EXPORTADORES E IMPORTADORES DE PRODUCTOS FORESTALES

INSCRIPCION ☐
ACTUALIZACION ☐ Registro No. Correlativo EXIM

REQUISITOS

a) Presentar el formulario correspondiente, debidamente lleno; b) Fotocopia de la patente de comercio autenticada con la especificación clara del objeto del negocio como actividad forestal, dirección exacta del sitio de funcionamiento; si es sucursal debe contar con su propia patente de comercio; c) Fotocopia del carné del NIT; d) Fotocopia de la Cédula de Vecindad del propietario o representante legal de la empresa, en su caso, con fotocopia de su respectivo nombramiento.

A. DATOS GENERALES

1. Nombre comercial _____ NIT _____
2. Nombre del Propietario _____ Nombre del Rep. Legal _____
3. Lugar para recibir notificaciones _____ Tel. _____
4. Registro Mercantil No. _____ Folio _____ Libro _____ Clase: _____
5. Ubicación planta _____ Aldea _____
   Municipio _____ Departamento _____ Región _____
6. Está registrada la empresa con otro tipo de inscripción en el Registro Forestal NO SI indique qué categoría y número:
   _____

B. ESTADISTICA

7. Actividades principales, en orden de importancia
   _____
   _____
8. ¿Elabora productos forestales? _____ ¿Comercializa productos forestales? _____
9. Número de personas empleadas (solo para la actividad forestal): Administrativos Operativos

Firma del propietario o representante legal _____ Fecha _____

Vo.Bo. Director Regional o Subregional
(Según Artículo 14. Reglamento del Registro Nacional Forestal)

Vo.Bo. Asesor Jurídico
(Según Artículo 14. Reglamento del Registro Nacional Forestal)

7ª Avenida
6-80 Zona 13
Ciudad de
Guatemala, C.A.
e-mail:
rnf@inab.gob.gt

CONAP

Presidencia de la República
Consejo Nacional de Areas Protegidas

SOLICITUD DE REGISTRO PARA PERSONAS INDIVIDUALES O JURIDICAS QUE SE DEDIQUEN A LA COMERCIALIZACION DE FLORA Y FAUNA SILVESTRE A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL

REQUISITOS TECNICOS

Nº 000095

DATOS DE LA EMPRESA

1. Nombre o Razón Social:
2. Representante Legal o Propietarios:
3. Documento de Identificación: Tel:
4. Nacionalidad:
5. No. de Patente de Comercio:
6. Dirección de la Empresa:
7. Finalidad de la Empresa:
Indicación de la especie (s) a comercializar (nombre común y técnico)
8. Ubicación de las Instalaciones donde se procesa la Vida Silvestre:
9. Proveedores de Vida Silvestre:
10. Proveedores de Especies Exóticas:
11. En caso de aprovechamiento comercial de productos extraidos de la naturaleza se deberá presentar un plan de manejo que contenga: a. Listado de especias a comercializar (nombre común y nombre cientifico) b. Estimación de la abundancia de población de la (s) especie (s) sujetas de aprovechamiento. c. Metódos y técnicas de extracción.
12. Estudio de Impacto Ambiental de la extracción.
13. Propuesta de Técnico Profesional Regente que se hará cargo de la ejecución del plan de manejo.

Lugar y fecha: _____

_____
Nombre, Firma y Sello del Propietario o
Representante Legal

(Requisitos Legales)

Anexe a la solicitud los documentos siguientes:

- Acta Constitutiva de la Sociedad. (Si existe)
- Representante Legal y Fotocopia de Cédula del Representante Legal.
- Ultimo Balance de la Empresa.
- Patente de Comercio.
- Certificado de Registro de la Propiedad Inmueble y copia de la Escritura Pública.
- Fotocopia de Cédula del Representante Legal.

*** Para aprovechamientos comerciales en propiedad privada, se debe presentar además la certificación del Propiedad Inmueble y Escritura pública un documento que autorice el aprovechamiento dentro de la Finca, Terreno o Lote.

*** Para aprovechamientos comerciales en terrenos municipales deberá presentar una certificación municipal.

Cualquier domumento presentado en fotocopia debe estar debidamente autenticado.

Este documento deberá entregarse a la Secretaría Ejecutiva del CONAP.

NOTA: Independientemente de la Inscripción (Registro), para el transporte, colecta, comercialización y exportación, deberá contar con autorización expresa por la Secretaría Ejecutiva del CONAP.

VUPE
Ventanilla Única para las Exportaciones

FORMA F-01-007

Código de Exportador Asignado

SOLICITUD DE CÓDIGO DE EXPORTADOR

Señor Director Ventanilla Única para las Exportaciones

Yo, _____, en Representación Legal de la Empresa con Nit # _____
solicito me extienda código de exportador para poder realizar trámites de Exportación para lo cual adjunto documentación y detallo información.

Teléfono (s): _____ Fax _____ E-mail del Representante Legal: _____

Actividad Económica (Marcar la que corresponda)

☐ 1. Cultivo de productos de mercado, horticultura
☐ 2. Cría y Explotación de Animales Domésticos
☐ 3. Cultivo de productos agrícolas en combinación con la cría de animales domésticos
☐ 4. Servicios Agropecuarios
☐ 5. Silvicultura
☐ 6. Extracción de Madera
☐ 7. Pesca
☐ 8. Explotación de Minas de Carbón
☐ 9. Producción de petróleo crudo y gas natural
☐ 10. Extracción de minerales metálicos
☐ 11. Extracción de minerales no metálicos
☐ 12. Matanza de ganado, elaboración y conservación de carne, pescado, frutas, legumbres, hortalizas, aceites y grasas
☐ 13. Elaboración de productos, de almidones y productos derivados del almidón y de alimentos preparados para animales
☐ 14. Elaboración de otros productos alimenticios
☐ 15. Elaboración de Bebidas
☐ 16. Elaboración de productos de tabaco
☐ 17. Fabricación de productos textiles
☐ 18. Fabricación de prendas de vestir, abodo y tullido de pieles
☐ 19. Curtido y Abodo de cuero, fabricación de maletas, bolsos de de mano, artículos de talabartería y calzado
☐ 20. Producción de madera y fabricación de productos de madera y de corcho, excepto muebles; fabricación de artículos de paja y de materiales trenzables
☐ 21. Fabricación de papel y de productos de papel
☐ 22. Actividades de edición e impresión y de reproducción de grabaciones
☐ 23. Productos de la refinación del petróleo, fabricación de coque
☐ 24. Fabricación de sustancias y productos químicos
☐ 25. Fabricación de productos de caucho y de plástico
☐ 26. Fabricación de otros productos minerales no metálicos
☐ 27. Fabricación de metales comunes
☐ 28. Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo
☐ 29. Fabricación de maquinaria y equipo
☐ 30. Fabricación de maquinaria y equipo de uso especial
☐ 31. Fabricación de maquinaria de oficina, contabilidad e informática
☐ 32. Fabricación de maquinaria y aparatos eléctricos
☐ 33. Fabricación de equipo y aparatos de radio, televisión y comunicaciones
☐ 34. Fabricación de instrumentos médicos, ópticos y de precisión y fabricación de relojes
☐ 35. Fabricación de vehículos automotores, remolques y semi remolques
☐ 36. Fabricación de otros tipos de equipo de transporte
☐ 37. Fabricación de muebles y otras industrias manufactureras
☐ 38. Reciclamiento
☐ 39. Suministro de electricidad, gas y agua
☐ 40. Construcción
☐ 41. Venta, mantenimiento y reparación de Vehículos automotores, motocicletas; venta al por menor de combustible para automotores
☐ 42. Comercio al por mayor y en comisión, excepto al comercio de vehículos automotores y motocicletas
☐ 43. Comercio al por menor no especializado
☐ 44. Comercio al por menor en almacenes especializados
☐ 45. Comercio al por menor no realizado en almacenes; reparación de enseres domésticos
☐ 46. Servicios de alojamiento, comida y hospedaje prestados en hoteles, casas de huéspedes, campamentos y otros lugares de alojamiento
☐ 47. Expendio de comidas y bebidas en restaurantes, cafés y otros establecimientos con servicio de mesa y/o mostrador
☐ 48. Transporte por vía terrestre, incluyendo por tuberías
☐ 49. Transporte por vía marítima
☐ 50. Transporte por vía aérea
☐ 51. Actividades de transporte complementarias y auxiliares. Actividades de agencias de viajes
☐ 52. Correo y telecomunicaciones
☐ 53. Intermediación de recursos financieros
☐ 54. Seguros y pensiones
☐ 55. Actividades auxiliares de la intermediación financiera y de seguros
☐ 56. Actividades inmobiliarias
☐ 57. Alquiler de equipo de transporte
☐ 58. Alquiler de otros tipos de maquinaria y equipo
☐ 59. Informática y actividades Conexas
☐ 60. Investigación y Desarrollo
☐ 61. Otras actividades empresariales
☐ 62. Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria
☐ 63. Enseñanza
☐ 64. Actividades relacionadas con la salud humana
☐ 65. Actividades veterinarias
☐ 66. Actividades de servicios sociales
☐ 67. Actividades de saneamiento y similares
☐ 68. Actividades culturales
☐ 69. Actividades deportivas y otras actividades de esparcimiento
☐ 70. Actividades de servicios personales y de los hogares
☐ 71. Entidades no lucrativas

Documentos que debe adjuntar a la Solicitud en Fotocopia Simple:

- Patente de Comercio de la Empresa
- Patente de Comercio de Sociedad
- Constancia del Registro Tributario Unificado Actualizado
- Nombramiento del Representante Legal inscrito en el Registro Mercantil
- Cédula o Pasaporte del Representante Legal
- Copia de factura anulada

SOLICITUD DE CONEXIÓN ELECTRÓNICA

Seadex es un programa que obtedra TOTALMENTE GRATIS el cual le permite agilizar su tramite de exportacion y es el enlace entre los exportadores y la Ventanilla Única para las Exportaciones, lo podra utilizar las 24 horas del día, los 365 días del año, y su objetivo es fomentar el crecimiento de las exportaciones.

Atentamente solicito a ustedes la obtención del programa de Servicio Electrónico de Exportaciones (SEADEX).

Como representante legal solicito me envien las claves a los siguientes correos:

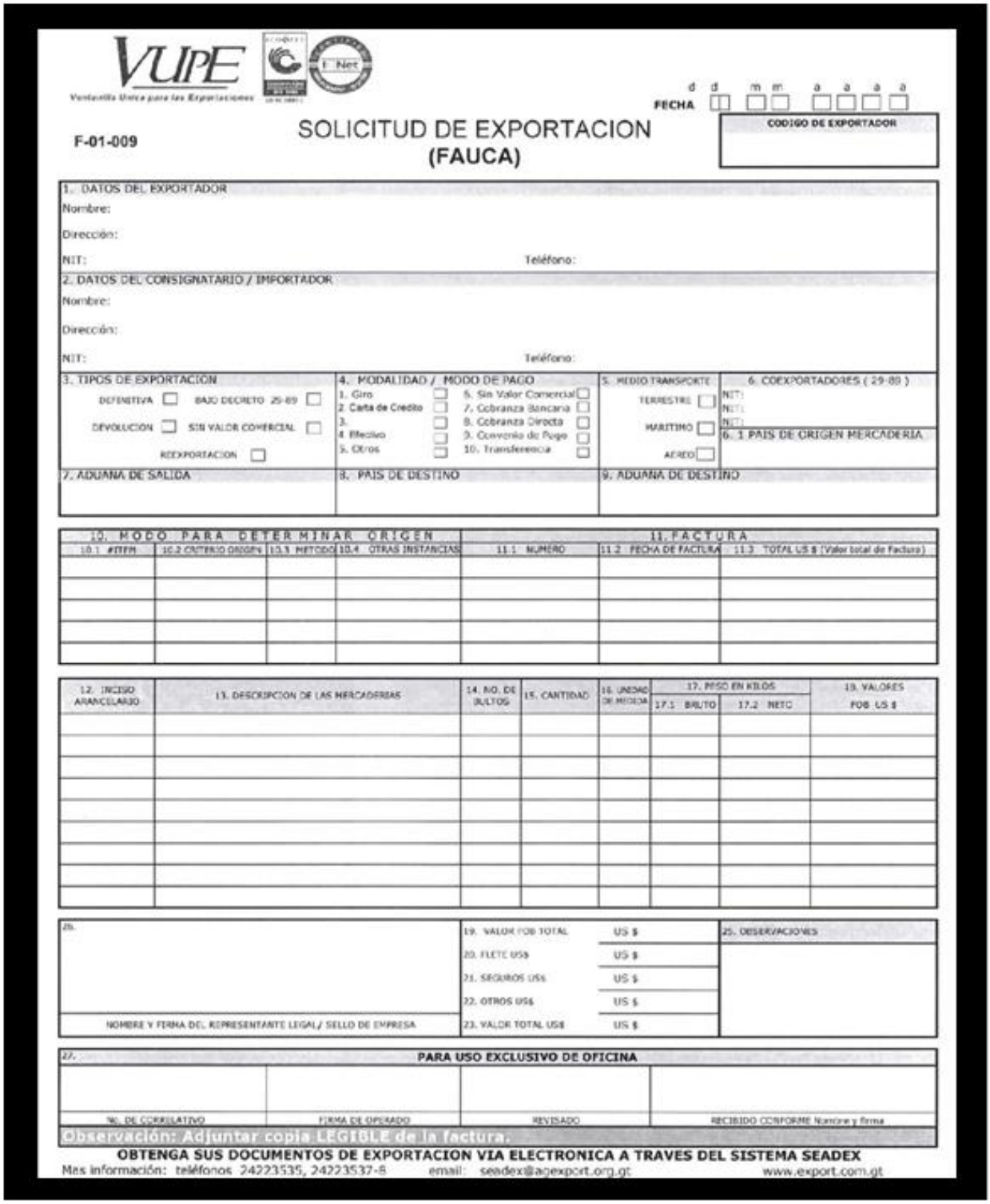
1 _____ e-mail: _____
2 _____ e-mail: _____
3 _____ e-mail: _____

Firmo y declaro que los datos indicados son reales para la emisión del Código de Exportador, y acepto la responsabilida de las operaciones de mi empresa a travez del sistaema SEADEX

_____
Nombre y Firma Representante Legal

_____
Sello de la Empresa

Para Uso Exclusivo de VUPE
Recibido por _____ Operado por _____ Revisado por _____



VUPE
Ventanilla Única para las Exportaciones

FECHA d d m m a a a a

F-01-009

SOLICITUD DE EXPORTACION (FAUCA)

CODIGO DE EXPORTADOR

1. DATOS DEL EXPORTADOR
Nombre:
Dirección:
NIT: Teléfono:

2. DATOS DEL CONSIGNATARIO / IMPORTADOR
Nombre:
Dirección:
NIT: Teléfono:

3. TIPOS DE EXPORTACION
DEFINITIVA ☐ BAJO DECRETO 29-89 ☐
DEVOLUCION ☐ SIN VALOR COMERCIAL ☐
REEXPORTACION ☐

4. MODALIDAD / MODO DE PAGO
1. Giro ☐ 5. Sin Valor Comercial ☐
2. Carta de Credito ☐ 7. Cobranza Bancaria ☐
3. ☐ 8. Cobranza Directa ☐
4. Efectivo ☐ 9. Convenio de Pago ☐
5. Otros ☐ 10. Transferencia ☐

5. MEDIO TRANSPORTE
TERRESTRE ☐
MARITIMO ☐
AEREO ☐

6. COEXPORTADORES (29-89)
NIT:
NIT:
NIT:

6. 1 PAIS DE ORIGEN MERCADERIA

7. ADUANA DE SALIDA

8. PAIS DE DESTINO

9. ADUANA DE DESTINO

10. MODO PARA DETERMINAR ORIGEN				11. FACTURA		
10.1 #ITEM	10.2 CRITERIO ORIGEN	10.3 METODO	10.4 OTRAS INSTANCIAS	11.1 NUMERO	11.2 FECHA DE FACTURA	11.3 TOTAL US $ (Valor total de factura)

12. INCISO ARANCELARIO	13. DESCRIPCION DE LAS MERCADERIAS	14. NO. DE BULTOS	15. CANTIDAD	16. UNIDAD DE MEDIDA	17. PESO EN KILOS		18. VALORES
					17.1 BRUTO	17.2 NETO	FOB US $

26.	19. VALOR FOB TOTAL	US $	25. OBSERVACIONES
	20. FLETE US$	US $	
	21. SEGUROS US$	US $	
	22. OTROS US$	US $	
NOMBRE Y FIRMA DEL REPRESENTANTE LEGAL/ SELLO DE EMPRESA	23. VALOR TOTAL US$	US $	

27.

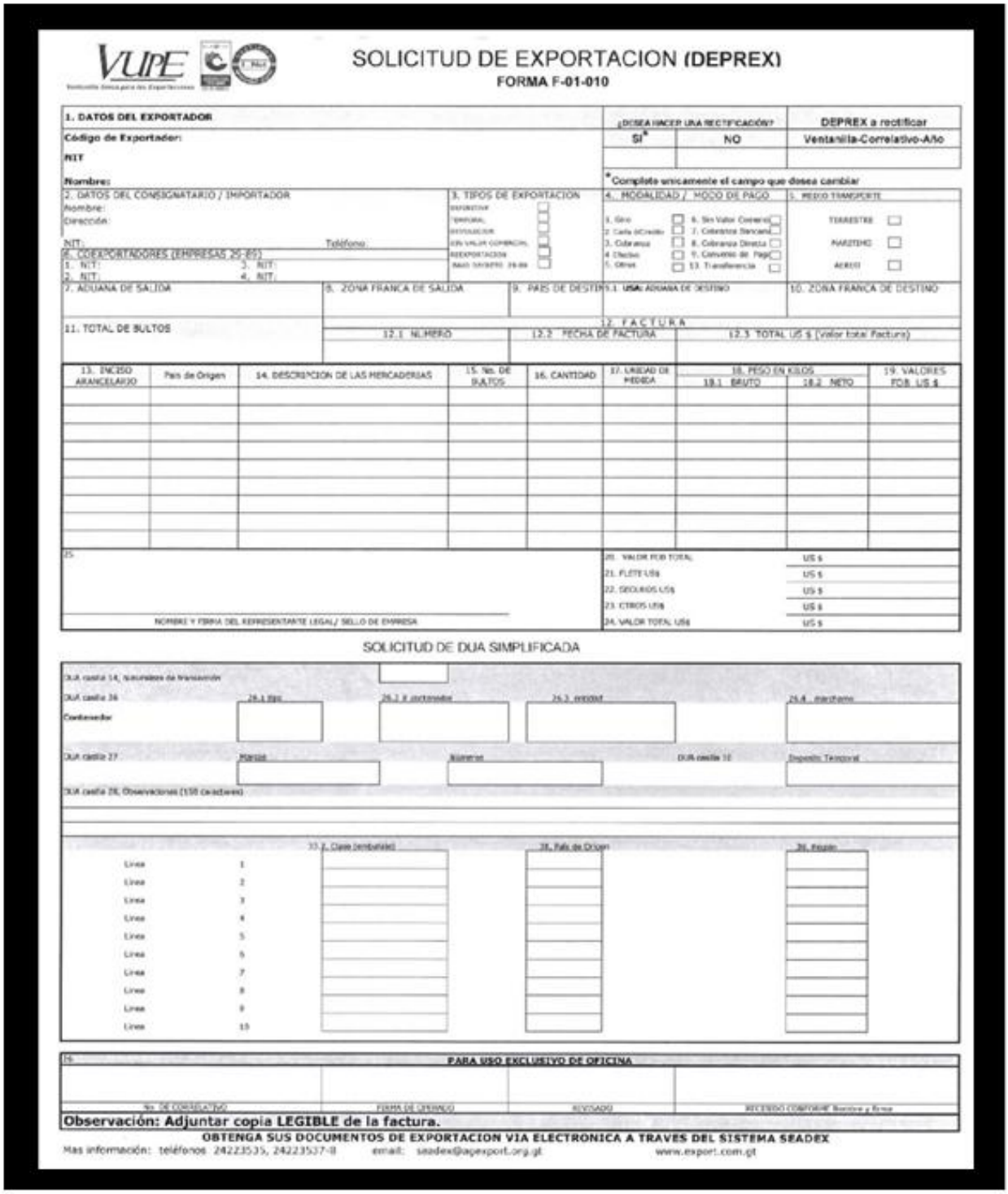
PARA USO EXCLUSIVO DE OFICINA

No. DE CORRELATIVO	FIRMA DE OPERADO	REVISADO	RECIBIDO CONFORME Nombre y firma

Observación: Adjuntar copia LEGIBLE de la factura.

OBTENGA SUS DOCUMENTOS DE EXPORTACION VIA ELECTRONICA A TRAVES DEL SISTEMA SEADEX

Mas información: teléfonos 24223535, 24223537-8 email: seadex@agexport.org.gt www.export.com.gt



VUPE

SOLICITUD DE EXPORTACION (DEPREX)

FORMA F-01-010

1. DATOS DEL EXPORTADOR	¿DESEA HACER UNA RECTIFICACIÓN?		DEPREX a rectificar
	SI*	NO	
Código de Exportador:			Ventanilla-Correlativo-Año
NIT			
Nombre:	*Complete unicamente el campo que desea cambiar		

2. DATOS DEL CONSIGNATARIO / IMPORTADOR	3. TIPOS DE EXPORTACION	4. MODALIDAD / MODO DE PAGO	5. MEDIO TRANSPORTE
Nombre:	DEFINITIVA ☐	1. Giro ☐ 6. Sin Valor Comercial ☐	TERRESTRE ☐
Dirección:	TEMPORAL ☐	2. Carta de Crédito ☐ 7. Colectora Bancaria ☐	
NIT: Teléfono:	DEVOLUCION ☐	3. Cobranza ☐ 8. Cobranza Directa ☐	MARITIMO ☐
4. COEXPORTADORES (EMPRESAS 25-85)	SIN VALOR COMERCIAL ☐	4 Cheque ☐ 9. Convenio de Pago ☐	
1. NIT: 3. NIT:	REEXPORTACION ☐	5. Otros ☐ 13. Transferencia ☐	AEREO ☐
2. NIT: 4. NIT:	BASE DECRETO 29-89 ☐		

7. ADUANA DE SALIDA	8. ZONA FRANCA DE SALIDA	9. PAIS DE DESTINO	9.1. USA: ADUANA DE DESTINO	10. ZONA FRANCA DE DESTINO

11. TOTAL DE BULTOS	12. FACTURA		
	12.1 NUMERO	12.2 FECHA DE FACTURA	12.3 TOTAL US $ (Valor total Factura)

13. INCISO ARANCELARIO	Pais de Origen	14. DESCRIPCION DE LAS MERCADERIAS	15. No. DE BULTOS	16. CANTIDAD	17. UNIDAD DE MEDIDA	18. PESO EN KILOS		19. VALORES FOB US $
						18.1 BRUTO	18.2 NETO	

25.		
	20. VALOR FOB TOTAL	US $
	21. FLETE US$	US $
	22. SEGUROS US$	US $
	23. OTROS US$	US $
NOMBRE Y FIRMA DEL REPRESENTANTE LEGAL/ SELLO DE EMPRESA	24. VALOR TOTAL US$	US $

SOLICITUD DE DUA SIMPLIFICADA

DUA casilla 14, (cuando aplica)				
DUA casilla 16	26.1 Tipo	26.2 # contenedor	26.3 entidad	26.4 marchamo
Contenedor				
DUA casilla 17	Pais(s)	Numero	DUA casilla 10	Deposito Temporal

DUA casilla 28, Observaciones (150 caracteres)

		33. # Clase (embalaje)	34. Pais de Origen	35. Peso
Linea	1			
Linea	2			
Linea	3			
Linea	4			
Linea	5			
Linea	6			
Linea	7			
Linea	8			
Linea	9			
Linea	10			

36.	PARA USO EXCLUSIVO DE OFICINA		
No. DE CONSECUTIVO	FIRMA DE USUARIO	REVISADO	RECIBIDO CONFORME Nombre y Firma

Observación: Adjuntar copia LEGIBLE de la factura.

OBTENGA SUS DOCUMENTOS DE EXPORTACION VIA ELECTRONICA A TRAVES DEL SISTEMA SEADEX

Mas información: teléfonos 24223535, 24223537-8 email: seadex@apexport.org.gt www.export.com.gt

VENTANILLA UNICA PARA LAS EXPORTACIONES
DELEGACION INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES

SOLICITUD DE EXPORTACION DE PRODUCTOS FORESTALES

1. **DATOS GENERALES DEL SOLICITANTE**
   a) Propietario (Nombre Completo)_____ _____
   b) Representante Legal (Nombre Completo)_____
   c) Cédula de Vecindad No. De Orden _____No. De Registro_____
   d) Nacionalidad_____
   e) Empresa_____
   f) Dirección_____
   g) Teléfono_____
   h) No. De Inscripción en el Registro Nacional Forestal _____
   i) NIT_____
2. **PRODUCTO A EXPORTAR**
   Producto elaborado Metros Cúbicos_____
   ó
   Madera Aserrada Metros Cúbicos_____
3. **DESCRIPCION DEL PRODUCTO**
   a) Especie y Volúmenes

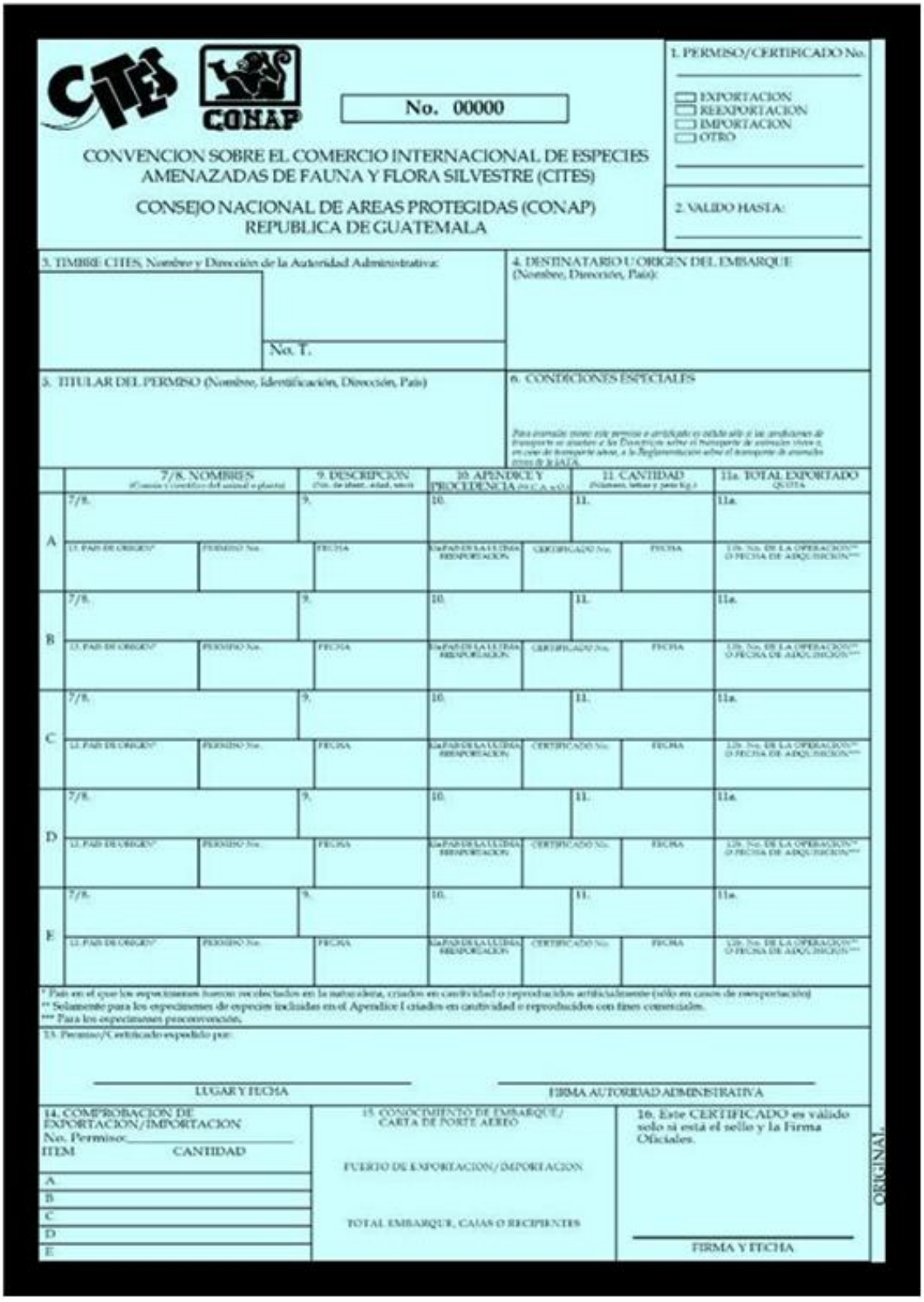
Especies	Pies Tablares	Metros Cúbicos
_____	_____	_____
_____	_____	_____

   b) Dirección del Centro de Acopio del Producto:_____
   c) Fecha exacta de carga del producto:_____
4. No. De Factura Comercial_____Valor FOB en Dolares_____
5. DESTINO DE LA EXPORTACION
   a) Nombre del Importador_____
   b) Dirección Exacta del Importador_____
   c) País de Destino_____
   d) Aduana de Salida o Puerto de Embarque_____
   e) Documentación que se adjunta_____
   _____

OBSERVACIONES:

_____
_____

LUGAR Y FECHA_____
FIRMA_____
NOMBRE Y SELLO DEL SOLICITANTE



CITES

CONAP

No. 00000

1. PERMISO/CERTIFICADO No.

☐ EXPORTACION
☐ REEXPORTACION
☐ IMPORTACION
☐ OTRO

2. VALIDO HASTA:

CONVENCION SOBRE EL COMERCIO INTERNACIONAL DE ESPECIES AMENAZADAS DE FAUNA Y FLORA SILVESTRE (CITES)

CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS (CONAP)
REPUBLICA DE GUATEMALA

3. TIMBRE CITES, Nombre y Dirección de la Autoridad Administrativa:

No. T.

4. DESTINATARIO U ORIGEN DEL EMBARQUE (Nombre, Dirección, País):

5. TITULAR DEL PERMISO (Nombre, Identificación, Dirección, País)

6. CONDICIONES ESPECIALES

Para exención sobre este permiso o certificado ve adjunto sello y las prohibiciones de transporte se atienden a las Directrices sobre el transporte de animales vivos o, en caso de transporte aéreo, a la Reglamentación sobre el transporte de animales vivos de IATA.

	7/8. NOMBRES (Científico y común del animal o planta)	9. DESCRIPCION (Tipo, edad, sexo)	10. APENDICE Y PROCEDENCIA (Nº C.A. o C.I.)	11. CANTIDAD (Números, letras y para kg.)	11a. TOTAL EXPORTADO CUOTA
A	7/8.	9.	10.	11.	11a.
	12. PAIS DE ORIGEN* / PERMISO No. / FECHA	13a. PAIS DE LA ULTIMA REEXPORTACION / CERTIFICADO No. / FECHA			12b. No. DE LA OPERACION** O FECHA DE ADQUISICION***
B	7/8.	9.	10.	11.	11a.
	12. PAIS DE ORIGEN* / PERMISO No. / FECHA	13a. PAIS DE LA ULTIMA REEXPORTACION / CERTIFICADO No. / FECHA			12b. No. DE LA OPERACION** O FECHA DE ADQUISICION***
C	7/8.	9.	10.	11.	11a.
	12. PAIS DE ORIGEN* / PERMISO No. / FECHA	13a. PAIS DE LA ULTIMA REEXPORTACION / CERTIFICADO No. / FECHA			12b. No. DE LA OPERACION** O FECHA DE ADQUISICION***
D	7/8.	9.	10.	11.	11a.
	12. PAIS DE ORIGEN* / PERMISO No. / FECHA	13a. PAIS DE LA ULTIMA REEXPORTACION / CERTIFICADO No. / FECHA			12b. No. DE LA OPERACION** O FECHA DE ADQUISICION***
E	7/8.	9.	10.	11.	11a.
	12. PAIS DE ORIGEN* / PERMISO No. / FECHA	13a. PAIS DE LA ULTIMA REEXPORTACION / CERTIFICADO No. / FECHA			12b. No. DE LA OPERACION** O FECHA DE ADQUISICION***

* País en el que los especímenes fueron recolectados en la naturaleza, criados en cautividad o reproducidos artificialmente (sólo en casos de reexportación)
** Solamente para los especímenes de especies incluidas en el Apendice I criados en cautividad o reproducidos con fines comerciales.
*** Para los especímenes preconvención.

13. Permiso/Certificado expedido por:

LUGAR Y FECHA

FIRMA AUTORIDAD ADMINISTRATIVA

14. COMPROBACION DE EXPORTACION/IMPORTACION
No. Permiso:_____
ITEM CANTIDAD

A
B
C
D
E

15. CONOCIMIENTO DE EMBARQUE/ CARTA DE PORTE AEREO

PUERTO DE EXPORTACION/IMPORTACION

TOTAL EMBARQUE, CAJAS O RECIPIENTES

16. Este CERTIFICADO es válido solo si está el sello y la Firma Oficiales.

FIRMA Y FECHA

ORIGINAL

APÉNDICE —Capítulo 35