

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades



*“Estudio de factibilidad en la implementación
de una máquina de finger joint en el
aserradero Lignum S.A.”*

Jacobo Nitsch Velásquez

Guatemala 2004

***“Estudio de factibilidad en la implementación
de una máquina de finger joint en el
aserradero Lignum S.A.”***

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades

***“Estudio de factibilidad en la implementación
de una máquina de finger joint en el
aserradero Lignum S.A.”***

Jacobo Nitsch Velásquez

Trabajo de investigación presentado para optar al grado
académico de Ingeniero Forestal en grado de Licenciado.


Guatemala 2004

Vo.Bo.

(f) 
Ingeniera Lucía Morales

Tribunal:

(f) 
Ingeniero César Castañeda

(f) 
x Ingeniero René Zamora

(f) 
Ingeniera Lucía Morales

PREFACIO

Este trabajo fue realizado gracias a la cooperación interinstitucional de las empresas Lignum, S.A. y Tecnomaderas, S.A., como parte del trato de compra-venta de una máquina tipo finger joint.

La escasa información en el país sobre tecnología de la madera, la falta de estándares de medidas y calidades en la industria nacional de la madera, la falta de registros detallados de producción de las empresas y la poca experiencia local en el tema de finger joint dificultaron un poco la realización del proyecto. A pesar de estas limitaciones se logró satisfacer los intereses de las partes involucradas, por medio de una toma rigurosa de datos y un análisis exhaustivo de los resultados.

Este estudio es un testimonio y ejemplo valioso del apoyo de la empresa privada hacia la formación de profesionales guatemaltecos en el sector forestal y la contribución que estos pueden aportar al desarrollo de la industrialización del sector.

Por este medio agradezco a las siguientes personas e instituciones que colaboraron valiosamente con el presente trabajo:

- Sr. Roberto Bosch, Gerente General de Lignum, S.A., por permitir el uso de las instalaciones del aserradero y dar la oportunidad de realizar esta investigación en su empresa.
- Lic. José Manuel Briz, por su explicación sobre indicadores financieros.
- Prof. Ursula Buehlmann y Sr. Timo Grueneberg, de la Universidad de Carolina del Norte por los documentos sobre finger joint.
- Sr. Gerd Hein, de la empresa Grecon y el Profesor Zscheile de la Universidad Rosenheim por el documento sobre finger joint.
- Sr. Gilberto Londoño, Jefe de Producción de Lignum, S.A., por sus explicaciones sobre el proceso de aserrío.
- Ing. Lucía Morales de Tecnomaderas, S.A., por su asesoría a lo largo del proceso de investigación.
- Sociedad Alemana para la Investigación de la Madera (Deutsche Gesellschaft für Holzforschung E.V.), por el informe sobre finger joint.
- Personal administrativo y de producción de Lignum, S.A., por facilitar la información de las distintas áreas de la empresa.

ÍNDICE

	Página
PREFACIO	iv
LISTA DE TABLAS	vi
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE GRÁFICAS	xi
RESUMEN	xii
Capítulos	
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
MARCO TEÓRICO	4
METODOLOGÍA	22
RESULTADOS	35
DISCUSIÓN	59
CONCLUSIONES	66
RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	68
APÉNDICES	70

Lista de tablas

Tabla	Pag.
Tabla 3.1. Porcentaje de aserraderos de Guatemala según el tipo de sierra principal	5
Tabla 3.2. Denominación de piezas de madera según espesor y ancho	12
Tabla 4.1. proceso de transformación de la madera en el aserradero Lignum	25
Tabla 5.1. Medidas de piezas de madera incluidas en este estudio	35
Tabla 5.2. Resumen de características de madera para utilizar en finger joint	36
Tabla 5.3. Producción diaria de madera de tercera	37
Tabla 5.4. Porcentaje de utilización de la madera de tercera según el ancho de tabla	37
Tabla 5.5. Resumen estadístico de leña del aserradero dos utilizable para finger joint	38
Tabla 5.6. Producción diaria de MILNC utilizables para finger joint respecto al volumen en troza ingresado al aserradero.	38
Tabla 5.7. Resumen de porcentajes de madera utilizables para finger joint respecto al volumen en troza ingresada al aserradero dos.	39
Tabla 5.8. Porcentaje de leña útil para la maquina de finger joint respecto al volumen de madera rústica ingresada al área de cepillo.	40

Tabla 5.9. Porcentaje de madera cepillada rechazada respecto al volumen de madera rústica ingresada al área de cepillo.	40
Tabla 5.11. Resumen de madera en stock utilizable para finger joint	40
Tabla 5.12. Resultados para determinar un día de producción normal del aserradero dos respecto al volumen de troza (pt) ingresado a la sierra principal	45
Tabla 5.13. Perfil de día de producción normal en el área de cepillo	45
Tabla 5.14. Resumen de días de producción normal diaria	45
Tabla 5.15. Madera producida diariamente que podría ser utilizada para finger joint	46
Tabla 5.16. Distribución de porcentajes, según el origen, respecto al total de la madera a utilizar para finger joint.	46
Tabla 5.17. Pt de producción mensual	47
Tabla 5.18. Especificaciones en las medidas de piezas de madera aceptadas por la Profijoint	48
Tabla 5.19. Otras características de producción de la Profijoint	48
Tabla 5.20. Medidas para el cálculo de capacidad de máquina	49
Tabla 5.21. Cálculo de capacidad de producción de fresadora Profijoint	50
Tabla 5.22. Capacidad de Prensa	50

Tabla 5.23. Capacidad de producción de la empresa según esta proyección	51
Tabla 5.24. Valor de la maquinaria	51
Tabla 5.25. Requerimientos de energía	52
Tabla 5.26. Supuestos de consumo de energía	52
Tabla 5.27. Costos de energía para la implementación de una máquina de finger joint.	53
Tabla 5.28. Propuesta de PVAc tipo 3 cotizado por Lucía Morales en AKZO NOBEL	53
Tabla 5.29. Proyección mensual y por pt de finger joint	54
Tabla 5.30. Costo de personal por mes y por pt de finger joint	54
Tabla 5.31. Costo de fresas mensual y por pt	54
Tabla 5.32. Resumen de gastos totales	55
Tabla 5.33. Supuestos de proyección económica	56
Tabla 5.34. Proyección anual de ingresos sobre volumen de madera producida diariamente	56
Tabla 5.35. Proyección de ingresos fijos sobre volumen de madera en stock para finger joint	57
Tabla 5.36. Resumen de ingresos a recibir durante el primer año de producción de finger joint	57
Tabla 5.37. TIR y VAN de la inversión inicial en Q y en dólares para Profijoint	58

Lista de figuras

Figura	Pag.
Figura 3.1. Partes de la madera aserrada	11
Figura 3.2. Dimensiones de la madera aserrada en Guatemala	12
Figura 3.3. Tipos de uniones longitudinales.	15
Figura 3.4. Espiga o dientes de una unión tipo finger joint	16
Figura 3.5. Unión sesgada o inclinada de dos piezas de madera	16
Figura 3.6. Partes del finger joint	17
Figura 4.1. Flujo de producción de madera aserrada en Lignum, S.A.	26
Figura 6.1. Disposición de piezas en la mesa de trabajo de la Profijoint	63
Figura 9.1. Nudos en madera de tercera	70
Figura 9.2. Madera de tercera con rajaduras	70
Figura 9.3. Secciones nudosas de madera de tercera	71
Figura 9.4 Madera rechazada del área de cepillo y molduras útil para finger joint	71
Figura 9.5. Nudos en madera cepillada rechazad	72
Figura 9.6. Daños por mal cepillado en madera rechazada del área de cepillo	72
Figura 9.7 Leña de despuntadora del área de cepillo útil para finger joint	73

Figura 9.8. Madera en el área de recuperación para fabricación de estacas y cajas de tomate.	73
Figura 9.10. “Leña” proveniente de la despuntadora del aserradero No. 2, util para finger joint	74
Figura 9.11. Leña de despuntadora del área de cepillo y molduras útil para finger joint	74
Figura 9.12 Madera rechazada del área de cepillo	75
Figura 9.13. Vista panorámica 1 de la Madera de Primera de Largos No Comerciales MILNC	75
Figura 9.14. Vista panorámica 1 de la Madera de Primera de Largos No Comerciales MILNC	76
Figura 9.15. Vista panorámica del stock de madera de tercera	76
Figura 9.16. Cajas de tomate	77

Lista de gráficas

Gráfica	Pag.
Gráfica 5.1. Distribución de la producción del aserradero 2.	39
Gráfica 5.2. Distribución media de la producción diaria de madera cepillada	41
Gráfica 5.3. Madera en stock utilizable para finger joint	40
Gráfica 5.4. Total de MILNC en stock utilizable para finger joint	43
Gráfica 5.5. Distribución de anchos de madera de tercera en Stock utilizable para finger joint	43
Gráfica 5.6. Distribución de madera total medida en el estudio	44
Gráfica 5.7. Producción diaria de fuentes principales de madera para finger joint	47
Gráfica 5.8. Distribución de costos de producción en Qtz/pt de finger joint	55
Gráfica 5.9. Distribución de la madera utilizable para finger joint en el primer año de producción	57

RESUMEN

Este trabajo es un estudio previo a la implementación de una máquina de finger joint en el aserradero Lignum con el objetivo de determinar la viabilidad económica y la capacidad de producción en un plazo de dos años. Se identificaron seis diferentes fuentes fijas que producen diariamente madera para utilizar en finger joint: la despuntadora de aserradero, madera de tercera, madera de primera de largos no comerciales, rechazo de madera cepillada, despuntadora del área de cepillo y madera no comercial en stock. El volumen promedio de madera útil para finger joint, en relación con la producción media diaria de la empresa en las áreas de aserradero y cepillo, es de 1705.48pt. De acuerdo a estos datos se determinó que la máquina más adecuada para la producción del aserradero es el modelo Profijoint, de la marca Grecon. Los indicadores financieros del primer año, TIR (46%) y VAN (Q302,719.73) indican que la inversión en la compra de la máquina puede recuperarse con el eficiente uso de la misma en un plazo de 1 año.

1. INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país de pequeñas dimensiones territoriales pero que posee una riqueza en la variedad de zonas biológicas de vida y de etnias poblacionales. Por tradición la base económica que ha sustentado el desarrollo del país ha sido la agricultura tradicional, desde los antiguos mayas, los cultivos introducidos por la conquista y los gobiernos de la época independentista (café y algodón), hasta los últimos avances en la producción y comercio de cultivos no tradicionales (Curso de Política forestal, 2002). Por otra parte la actividad relacionada con el bosque ha sido en su mayoría la explotación del mismo para fines de agricultura tradicional y extracción incontrolada de madera para la construcción y combustible (leña). Además, el crecimiento urbano del país y su falta de planeación de parte de las autoridades han dando lugar a la sustitución de importantes masas boscosas por zonas urbanizadas (Curso Bosques de Guatemala, 2001).

Recientes estudios científicos han demostrado la importancia de los recursos del bosque para el medio ambiente así como también para el desarrollo económico-social de Guatemala. En el ámbito biológico los estudios de capacidad de uso de la tierra ubican la mayoría del territorio nacional como de vocación forestal, esto a pesar de que aún sus criterios quedan cortos al no considerar las tierras más fértiles (como las de boca costa) para una silvicultura seria (INTERFOREST, 2002).

Durante las últimas décadas existe una preocupación a nivel nacional respecto a los temas de pobreza y desarrollo del país, tratando de identificar actividades que signifiquen un crecimiento económico de Guatemala y por ende el nivel de vida de sus habitantes. Dentro de esta búsqueda se hizo en 1999 un cluster de actividades económicas en el país en donde varios expertos ubicaron a la parte forestal como una de las promesas de desarrollo económico más importante que se posee a lado de los cultivos no tradicionales y la industria textil (Cluster Forestal, 1999).

En lo que se refiere a la actividad forestal, desde hace algunos años, Guatemala ha comenzado un importante proceso de modernización. Algunos avances los constituyen: una institución autónoma reguladora y legisladora (Instituto Nacional de Bosques, INAB), la creación de una política forestal seria que busca beneficios a largo plazo, la modernización de la ley forestal y la formación de profesionales especializados en diversos temas de materia forestal (Curso de Política forestal, 2002).

La madera sufre un proceso de transformación que incluye tres etapas: el bosque, la industria primaria y la industria secundaria. El desarrollo de cada una estas etapas, tanto en tecnología de maquinaria como en tecnología de procesos e investigación científica, será determinante para que Guatemala se consolide como un país forestal, siendo esto último una nación que base su economía y cultura en la utilización de los bosques para producir bienes económicos y medio ambientales (IDC, 1999).

Dentro de la línea de producción forestal, es la industria primaria quien juega el papel de procesar la materia prima del bosque, la madera. Su importancia radica

en que es la transformadora de un producto que posee un valor meramente ambiental (que en nuestro país es actualmente casi nulo) a un producto que además de este valor significa un bien material útil para el hombre en su casa o trabajo. Lo anterior no implica que la meta sea cortar todos los árboles para hacer bienes materiales, sino que se desarrolle sistemas silviculturales aptos para generar materia prima de calidad a la industria primaria y secundaria en la cadena de valor agregado. Así también estas industrias deberán contar con la tecnología óptima (procesos, maquinaria y personal capacitado) para utilizar correctamente la materia prima (INTERFOREST, 2002).

Actualmente la actividad forestal tiene muchas debilidades y amenazas que van desde la falta de una cultura forestal hasta la falta de materia prima de calidad que satisfaga los gustos más exigentes del mercado internacional, siendo éste de vital importancia para la consolidación de un verdadero país forestal (INTERFOREST, 2002).

El desarrollo del parque industrial es igualmente importante que la producción de madera de calidad debido a que sólo la utilización eficiente de la misma nos permite recompensar económicamente la inversión ambiental-económica de la silvicultura. Dentro del proceso de transformación de la madera en los aserraderos se producen una serie de desperdicios que generalmente son vendidos o utilizados como leña. Además se produce madera de baja calidad o de dimensiones no comerciales que es almacenada durante largo tiempo o es vendida a precios muy bajos (Lignum, 2003).

Actualmente existen muchas empresas que están interesadas en mejorar la calidad de productos y procesos de transformación. Lignum, S.A. es una empresa que se ha dedicado al aserrío de la madera por más de 20 años y busca ampliar sus fronteras en la forma de aprovechar la madera. Actualmente esta empresa está interesada en instalar una máquina tipo finger joint para el mejor aprovechamiento de su madera y recuperación de sus desperdicios. Esta máquina permite utilizar madera de largos no comerciales, y generalmente de desperdicio, para el ensamble de piezas de mayor largo y de calidad óptima (München, 1997). El finger joint representa actualmente una alternativa altamente efectiva para la reutilización de esta madera que en el aserradero generalmente se termina usando y vendiendo como leña.

Este estudio fue realizado en la planta transformadora de madera LIGNUM, ubicada en el Rancho, Km. 80 Carretera al Atlántico, en el Departamento de El Progreso, para calcular la cantidad de madera de *Pinus spp.* que pueda ser procesada por una máquina tipo Finger Joint y definir el modelo de la misma de acuerdo al volumen disponible de madera.

Es relevante hacer notar que en Guatemala no se acostumbra hacer estudios de factibilidad para implementación de nueva tecnología. Muchas empresas incurren en pérdidas innecesarias al no conocer la factibilidad de implementar un nuevo proceso o bien no realizan las inversiones necesarias en tecnología al asumir sin ninguna base que no tendrían viabilidad económica. De ahí la importancia de este trabajo.

II. OBJETIVOS

A. General

1. Contribuir a la utilización óptima de la madera en el aserradero Lignum, S.A. y de esta manera fomentar el desarrollo del parque forestal industrial de Guatemala.

B. Específico

1. Identificar las fuentes primarias de materia prima para el funcionamiento de una máquina de finger joint en el aserradero Lignum S.A.
2. Cuantificar la materia prima a utilizar diariamente en la fabricación de madera tipo finger joint.
3. Determinar la maquinaria más adecuada para la fabricación de madera tipo finger joint en el aserradero Lignum S.A.
4. Determinar la rentabilidad del proyecto de fabricación de madera tipo finger joint en base a indicadores financieros.

III. MARCO TEÓRICO

A. Secuencia en la utilización y transformación de la madera

Las industrias que trabajan en la elaboración de diferentes productos de madera son clasificadas en una manera general por Vignote y Jiménez obedeciendo a si el producto elaborado necesita o no de otras transformaciones para ser consumidos por el hombre. Atendiendo a lo anterior la industria de la madera se clasifica en:

Primera transformación: incluye industrias que se dedican al aserrado y desenrollado de la madera, así como a las a la desintegración de la madera y su posterior transformación con cualidades homogéneas y específicas. Dentro de estas últimas se encuentra las dedicadas a la realización de tablero de partículas y de fibras.

Segunda transformación: en esta categoría se encuentran las mueblerías, fábricas de puertas, carpinterías, constructoras, fábricas de envases, tarimas, etc.

B. Cadena del valor agregado de los productos maderables

Una manera para clasificar las industrias de la madera semejante a la anterior, pero desde un punto de vista técnico-económico, es la de elaborar una cadena de valor agregado como la propuesta en el Diagnóstico del Cluster Forestal de Guatemala (IDC, 1999).

En este diagnóstico se identifica una cadena que incluye tres etapas de transformación y producción de productos y servicios específicos con cierto valor económico. A medida que avanza la cadena los productos y servicios adquieren mayor valor agregado:

1. Silvicultura

- a. Recolección de semillas del bosque natural
- b. Semillero
- c. Vivero forestal
- d. Siembra de plantas
- e. Limpia y plateo
- f. Poda y releo
- g. Acarreo a vacadilla
- h. Transporte

2. Industria primaria

- a. Clasificación de madera
- b. Almacenaje en patios
- c. Aserrado
- d. Desorillado

- e. Despuntado secado
- f. Cepillado (dependiendo del producto final)
- g. Baño antimanchas (Dependiendo del mercado)
- h. Presecado e impregnado (dependiendo del producto final)
- i. Almacenaje
- j. Transporte

3. Industria secundaria

- a. Corte proceso industrial
- b. Acabados
- c. Almacenaje
- d. Comercialización
- e. Transporte

El aserradero en estudio es una industria de tipo primario en esta cadena por lo que a continuación se da una pequeña visión de la situación vigente para la industria primaria y en específico la de aserrío en Guatemala.

3. Situación de la industria de aserrío en Guatemala

Según el registro del INAB y de AGEXPRONT para 1999 se tenían registradas 534 empresas industriales, 96 empresas exportadoras y 604 empresas comerciales que incluyen depósitos de maderas y venta de materiales para la construcción. De las empresas industriales aproximadamente el 51% corresponde a la industria primaria (IDC, 1999) estando la mayoría (cerca del 26%) en la ciudad de Guatemala seguida por Chimaltenango, Quetzaltenango, el Petén y otros (IDC, 1999).

A continuación se resumen los datos del único estudio hecho acerca de la industria de aserrío de coníferas en Guatemala realizado como parte del Plan de Acción Forestal para Guatemala (PAFG) en 1999.

Tabla 3.1. Porcentaje de Aserraderos de Guatemala según el tipo de sierra principal

Tipo de Aserradero que utilizan	Porcentaje
sierra de banda	57.7
sierra circular	41.5
sierra múltiple	3.8
sierra principal y secundaria	62.3
Solo con principal	37.7

1. El sistema de transporte de trozas del patio de acopio a la sierra principal se realiza en 66% utilizando la fuerza humana y el 24% utiliza maquinaria como cargador frontal, tractor, carros sin motor y montacargas.

2. Para la evacuación de aserrín el 84.9% se hace manual, un 5.7 por sistema automático y un 9.4% lo hace de manera combinada (manual y automática).
3. Para el tiempo efectivo de operación de la industria durante el año se tiene que 18.9% trabaja durante más de 10 meses, un 20.7% entre 9 y 10 meses, 34% entre 6 a 8 y un 26.4% menos de 6 meses. Los principales factores que afectan el abastecimiento de los aserraderos es la reducción de operaciones de apeo y transporte en el campo durante la temporada lluviosa.
4. El 90.5% de los aserraderos son abastecidos con materia prima proveniente de bosques naturales, el 5.7% de plantaciones forestales y un 3.8 a partir de plantaciones y bosques naturales. La mayoría de los aserraderos se abastecen de bosques privados ajenos a su propiedad.
5. La especie más utilizada en el aserrío y comercio nacional es el *Pinus spp.* siendo los principales productos la madera estructural (tabla y parales), postes, machihombre y tarimas.
6. Los defectos de la madera en troza que más se observan en el aserradero son picaduras de insectos, manchas fungosas, zonas de troza podridas, rajaduras en las puntas, daños ocasionados por el fuego y presencia de nudos muertos.
7. Según la clasificación del CURLA (1995) el tamaño de los aserraderos en Guatemala respecto a su productividad se tiene que el 54.7% pertenecen a las categorías de pequeño a muy pequeño, 26.4 son medianos y un 18.9% de grande a muy grande. (ver clasificación de Aserraderos)
8. Estimaciones del rendimiento total de la industria de aserrío indica que en el país se procesa 659.3 metros cúbicos diarios con un rendimiento del 58.6% y 102.8 metros cúbicos de madera en block con un rendimiento del 63.4%
9. Respecto a la clasificación de la madera el 66% hacen un proceso de clasificación siendo esta de forma empírica, o sea, que no obedece a ningún formato establecido.
10. Solamente un 3.8% realiza impregnación a la madera debido a la utilización que tiene esta para la fabricación de mueble y viviendas.
11. En la utilización de residuos solo un bajo porcentaje 15% obtiene una alta recuperación con cierto valor agregado, mientras que las demás industrias obtienen una baja recuperación.
12. Respecto a la Sierra principal se tiene que un 11.3% poseen sierras con menos de 10 años de fabricación. El porcentaje restante son de once años en adelante.

(Congreso Nacional Forestal, 1999)

Como se puede observar en este tema se necesita renovar no solo maquinaria sino la visión de la industria forestal a ser más eficientes en la transformación de la madera.

D. Problemática que actualmente enfrenta la industria Forestal en Guatemala

En base al estudio sobre la competitividad de la industria del aserrío en Guatemala (PAFG, 1999) se identificó la problemática actual que enfrenta este tipo de industria jerarquizando el tipo de problemas según la urgencia con que se debieran solucionar de la manera siguiente

1. Problemas de primer orden:

- a. Bajo nivel tecnológico
- b. Escaso desarrollo gerencial
- c. Planificación a corto plazo
- d. Condiciones climáticas y vías de acceso

2. Problemas de segundo orden:

- a. Falta de capital de trabajo para nuevas inversiones
- b. Mercado

3. Problemas de tercer orden

- a. Abastecimiento de materia prima
- b. Calidad de mano de obra
- c. Competencia

E. Industria del aserrado

Se define como aserradero a la industria forestal que procesa madera en rollo transformándola en madera dimensionada (glosario de términos forestales INAB, 2003)

Para realizar este proceso se necesita de una maquinaria especializada que transforma a la troza a través de una línea de producción en productos que van desde madera dimensionada en varias medidas hasta pisos, zócalos, bolillos, etc.

F. Herramientas de Corte

Para el corte industrial de la madera se utilizan principalmente herramientas que producen aserrín como producto del paso de dientes de corte que están sobrepuestos o calcados a manera de sierra. La eficiencia en el corte depende de una serie de ángulos respecto a su posición con la madera con el objetivo de tener mejor calidad en el corte, un menor desgaste en la herramienta y un mejor desalojo de la viruta o aserrín arrancados de la madera (Vignote y Jiménez, 1996).

Actualmente se utilizan dos tipos de sierra para el corte de madera en aserradero: sierra circular y sierra de banda.

1. Sierra de banda. Está constituida por un eje de acero que se monta entre dos

poleas de la maquina de sierra de o banda o sinfín. Este tipo de sierra es la más

utilizada en los aserraderos de despiece de madera en rollo debida a:

- a. La posibilidad de cortar elevadas alturas de corte con bastante precisión
- b. Los pocos requerimientos de potencia
- c. El escaso desperdicio que se produce

Algunas de sus desventajas son la menor calidad de corte y el complicado mantenimiento. (Vignote y Jiménez, 1996)

La anchura de la sierra de banda depende del grosor de volante o polea. El grosor de la sierra determina la cantidad de desperdicio en aserrín así como la precisión de corte. A menor grosor de sierra se obtiene menos desperdicio pero así mismo menos precisión del corte (Escobar, UVG 2000).

Los tratamientos a los dientes de las sierras son muy diversos así como los materiales que utilizan sus fabricantes con el objeto de ser más resistentes a la pérdida de filo como a quebrarse.

2. Sierra circular. Este tipo de sierra consiste de un disco de acero al que le agregan los dientes de corte. Este disco dentado se monta en un eje con movimiento por medio de un motor. Esta sierra es más comúnmente utilizada en talleres de carpintería o mueblerías debido a la calidad de superficie que deja (Vignote y Jiménez, 1996). Su principal defecto por lo que no se recomienda su uso en aserraderos es la cantidad de aserrín que produce (Escobar, UVG 2000)

G. Maquinaria

Las máquinas más utilizadas en los aserraderos de madera dimensiona son las siguientes:

1. Tronzadora. Tiene como función principal pre-dimensionar la longitud de las trozas para que las mismas entren en la sierra principal (Vignote y Jiménez, 1996). (Este tipo de sierra no es común en Guatemala).

2. Descortezadora. Tiene como función separar la corteza de la madera obteniendo residuos que puedan tener mayor valor agregado. Además muchas veces la corteza posee piedras que dañan seriamente los dientes de la sierra principal (Vignote y Jiménez, 1996). Tampoco es una maquina muy utilizada en Guatemala.

3. Sierra principal. La función principal de esta sierra es sacar material homogéneo para el dimensionamiento final en posteriores máquinas. Generalmente consta de las siguientes partes y/o accesorios: muelle de carga, giratronicos, carro, sierra, sistemas de ayuda al despiece de la madera, sistema de evacuación de la madera procesada: (Vignote y Jiménez, 1996)

4. Sierra desdobladora o reaserradora. Tiene como función hacer cortes paralelos a los de referencia realizados por la principal. Consta de mesa perpendicular a la sierra, sierra de banda o circular y una sistema de alimentación y evacuación y retorno de piezas (Vignote y Jiménez, 1996). Suele llamarse también reaserradoras a sierras circulares de mesa más pequeñas que se utilizan para recuperar piezas sanas de dimensiones menores eliminando los cantos dañados (Chávez y Guillen, 1997).

5. Canteadora. Esta máquina tiene a su cargo dimensionar en ancho a las piezas que todavía tienen corteza en los lados o que estos no estén rectos. Consiste en una mesa con rodillos y un eje con dos sierras circulares (Vignote y Jiménez, 1996).

6. Retestadora. La función de esta máquina es la realizar cortes perpendiculares a los de referencia y en dirección transversal a la madera, determinando así la longitud de la tabla. Esta constituida por una sierra circular pendular (Vignote y Jiménez, 1996).

7. Sierra múltiple. La función de esta máquina es la de realizar al mismo tiempo varios cortes perpendiculares a los de referencia distanciados entre sí por el grueso de la tabla que se quiere obtener (Vignote y Jiménez, 1996).

Para el mantenimiento de las sierras utilizadas todo aserradero debe poseer un taller de afiladuría en donde se realizan procesos de pensionado, aplanado, trabado y afilado de las sierras utilizadas. Además de la maquinaria descrita anteriormente un aserradero posee un patio de acopio para las trozas, una galera con las piezas ya dimensionadas debidamente ordenadas por tamaño y especie, además de las instalaciones administrativas y parqueo de camiones y vehículos particulares (Escobar, UVG 2000)..

Se puede observar que algunas de las estas máquinas descritas (o los avances tecnológicos de las mismas tales como los scanner) no son utilizadas en Guatemala y que según el estudio sobre el aserrío de coníferas de Guatemala, mencionado anteriormente, la mayoría de los aserraderos poseen máquinas de más de diez de fabricación (Escobar, UVG 2000).

H. Terminología para el comercio y transformación de la madera aserrada

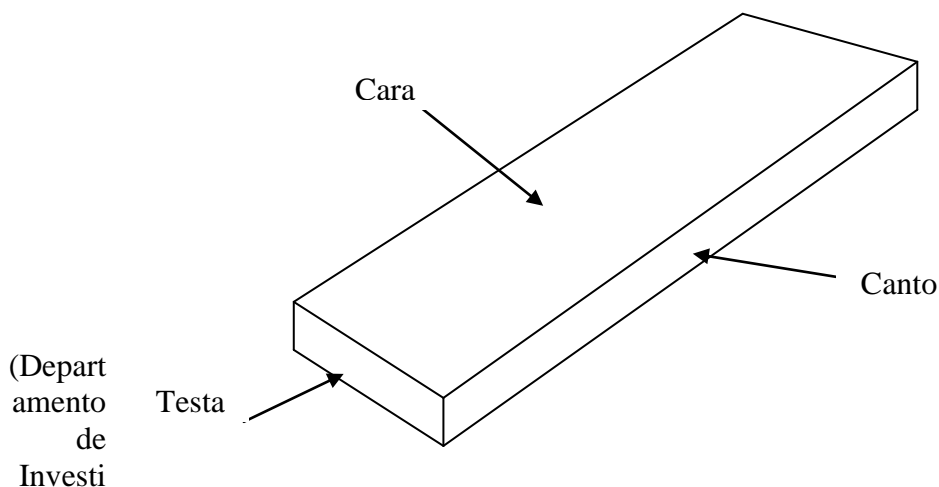
Se define como madera aserrada a aquellas piezas de madera maciza obtenida por el aserrado del árbol, generalmente escuadrada, es decir con caras paralelas entre sí y cantos perpendiculares a las mismas.

Las principales aplicaciones de la madera aserrada son:

Productos de carpintería tales como puertas, ventanas, suelos interiores y exteriores, revestimientos, fachadas, tabiques, pérgolas y muebles. Además es muy importante como elemento estructural en forma de vigas, correas, entablados de cubierta y de forjado.

1. Partes de la madera aserrada

- a. Cara: superficie de la pieza correspondiente a la mayor dimensión de la sección transversal.
- b. Canto: superficie de la pieza correspondiente a la menor dimensión de la sección transversal.
- c. Testa: superficie de corte transversal a la dirección de la fibra en el extremo de la pieza.

Figura 3.1. Partes de la madera aserrada

gación y Desarrollo INTERFOREST, 2002)

2. Medidas

- a. Nominal: es el resultado de medir una dimensión para un contenido de humedad de referencia.
- b. Real: es el resultado de medir una dimensión para el contenido de humedad de la madera determinado.

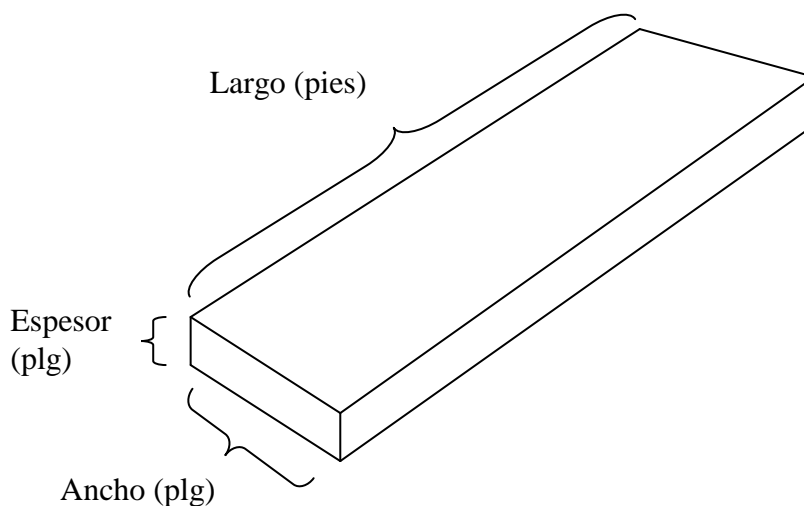
(Guía práctica para la cubicación de madera INAB, 2001)

3. Dimensiones. La gama dimensional que ofrece la madera aserrada es muy amplia y normalmente va asociada a cada especie de madera. Las gamas dimensionales de los pinos y abetos procedentes de Suecia y Finlandia siguen en principio la tabla de dimensiones establecida en la norma ISO 3179 (Madera aserrada de coníferas) Dimensiones nominales. A nivel europeo se manejan también varias gamas dependiendo de los países de origen, hasta el punto de que no se ha considerado posible establecer una norma europea común a todos los países por su inviabilidad. El espesor y ancho de tabla en estos países se expresan en milímetros (mm) y los largos en metros (m). La medida volumétrica es el m³.

La gama dimensional de las coníferas procedentes de Norteamérica, teniendo en cuenta que en el comercio de estas maderas para definir la sección transversal se emplean las dimensiones nominales expresadas en pulgadas. Este último caso también es aplicable para la madera en nuestro país.

Las dimensiones que se utilizan para una pieza de madera aserrada en Guatemala son las siguientes:

- a. Anchura: dimensión mayor de la sección transversal.
- b. Grosor: dimensión menor de la sección transversal.
- c. Largo: longitud de la pieza.

Figura 3.2. Dimensiones de la madera aserrada en Guatemala

(Departamento de Investigación y Desarrollo INTERFOREST, 2002)

I. Consideraciones para la madera dimensionada en Guatemala

Las dimensiones más habituales, en madera de coníferas, en los aserraderos de Guatemala se expresan en pulgadas (plg) para las medidas de Espesor y Ancho, y en pies para el largo de la pieza. La siguiente tabla muestra los principales formatos de madera producidos por la industria del aserrado guatemalteco y sus respectivas dimensiones:

Tabla 3.2 Denominación de piezas de madera según espesor y ancho

Tipo	Espesor (plg)	Ancho (plg)	Largo (pies)
Tablilla o regla	3/4 a 1	2 a 4	6 en adelante
Tabla	1	6 a 12	6 en adelante
Tabloncillo	1 1/2 a 2	6 a 12	6 en adelante
Tablón	Mayor que 2	6 a 12	6 en adelante
Vigas	1 a 4	2 a 4	6 en adelante

Los anchos 5, 7, 9 y 11 plg , y los largos 6,7,9,11,13 y 15 pies no son medidas comunes por lo que sólo se producen bajo pedido especial.

(Departamento de Investigación y Desarrollo INTERFOREST 2002)

La medida volumétrica que se utiliza es el pie tablar (pt) que relaciona pulgadas con pies lineales en siguiente fórmula:

$$V = A * G * L$$

En donde

V es el volumen en pies tablares (pt)

A es el ancho de la pieza en plg

G es el grueso de la pieza en plg.

L es el largo de la pieza en pies

(Guía práctica para la cubicación de madera INAB, 2001)

1. Especie. Se refiere al nombre botánico y el comercial. En el caso de este documento la

especie estudiada es *Pinus spp.*

2. Calidad de la madera. Se refiere a la calidad de madera llevada del bosque a la industria de transformación primaria (Curso Cubicación de madera INAB, 2001). Esta calidad está determinada por los siguientes indicadores:

- a. Nudos
- b. Madera juvenil
- c. Madera de corazón
- d. Curvatura del tronco
- e. Conicidad
- f. Bifurcaciones
- g. Anillos de crecimiento irregulares
- h. Excentricidad del corazón
- i. Madera de reacción
- j. Fibra ondulada
- k. Bolsas de resina
- l. Fendas
- m. Abolladuras
- n. Rajaduras
- o. Ataque de organismos xilófagos
- p. Pudriciones
- q. Gambas

(Vignote y Jiménez, 1996)

Todos estos defectos hacen que la madera aserrada tenga una baja calidad y por lo tanto un menor precio a pesar que el proceso no tiene que ver con tales defectos.

Por aparte se pueden observar los defectos de la madera dimensionada como producto del proceso de aserrío, secado y tratamiento. Tales defectos, que también bajan la calidad de la madera, pueden ser:

- a. Defectos de despiece tales como rastros de corteza en los cantos o bordes, el ángulo de desviación de la fibra respecto con la dirección de las aristas (esquinas) de las piezas obtenidas y los defectos de espesor y medida (Vignote y Jiménez, 1996).
- b. Defectos resultantes del proceso de secado tales como deformaciones, rajaduras y madera pensionada (Vignote y Jiménez, 1996).

En el caso de Guatemala lo más común es observar tres tipos de madera, atendiendo a la cantidad y tipo de defectos que se presenten a lo largo de la pieza, siendo estas maderas de primera, segunda y tercera.

La madera de primera corresponde a madera “casi” limpia o sea libre de nudos muertos, bolsas de resinas, ocotosa y sin estar afectada por hongos (pudrición) o insectos (picada). Este tipo de madera admite cierta cantidad de nudos vivos siempre y cuando estos sean mínimos. La madera de segunda y tercera se refiere al aumento de estos defectos a lo largo de una pieza. Esto quiere decir que una pieza de tercera presenta la mayor cantidad de defectos posibles.

En Lignum S.A se posee un sistema para clasificar la calidad tanto de la troza así como también las piezas de madera aserrada.

3. Contenido de humedad (madera seca). La madera, siempre que sea posible, debe tener la humedad lo más parecida a la humedad de utilización (Vignote y Jiménez, 1996). En Lignum S.A. se cuenta con hornos para proceder al uniforme secado de las piezas aserradas.

4. Tratamiento. En función de la especie de madera y de su aplicación (clases de riesgo)

se exigirá en tratamiento preventivo que corresponda. En los casos de madera tratada en autoclave y madera termo-tratada se exigirá el certificado de tratamiento (Vignote y Jiménez, 1996). En Lignum se trata la madera con Osmose para preservarla de hongos e insectos.

5. Sellos y marcas de calidad: En el comercio de la madera aserrada es frecuente que las

piezas estén marcadas con un sello que garantice la calidad de la madera de acuerdo con una norma o reglas de clasificación, que son variables en función del país de procedencia. Estas marcas son efectuadas por el aserradero, pero están controladas por un organismo externo e imparcial. Esta situación es normal en los países con abundante empleo de la madera, como Estados Unidos de América, Canadá, Países Nórdicos, etc. (Vignote y Jiménez, 1996).

J. Finger Joint

Con este nombre se conoce a la unión que se hace de dos piezas de madera con una misma área de contacto sin importar su largo, con el objetivo de una sola pieza que tenga un largo mayor deseado (Vetas, 2004).

Figura 3.3 Tipos de uniones longitudinales.

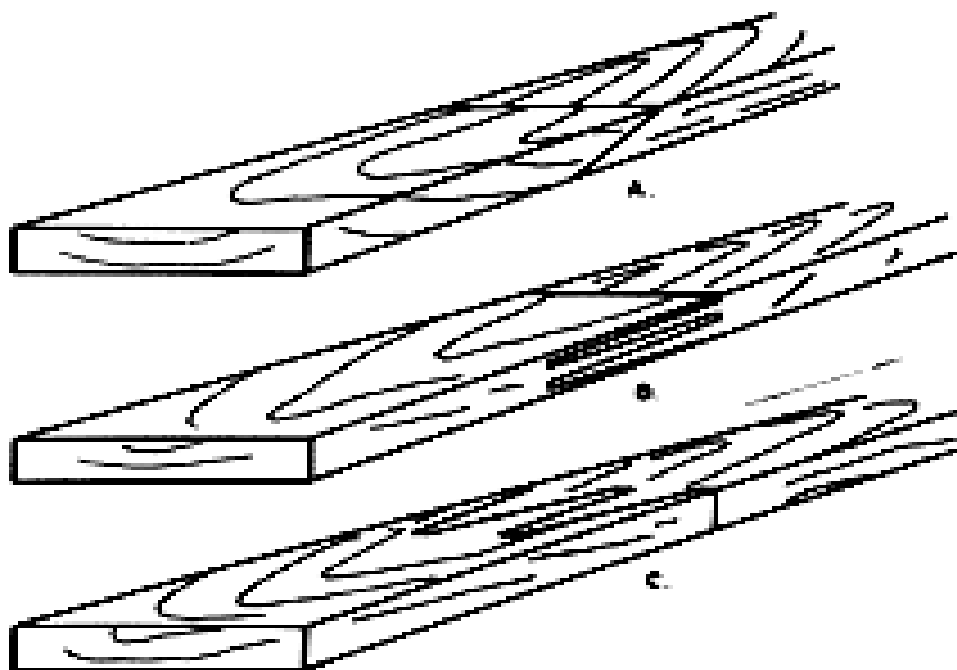


Figure 46-1. Three finger joint designs.

Al observar la figura 3.3 podemos ver los tres tipos de uniones longitudinales más comunes:

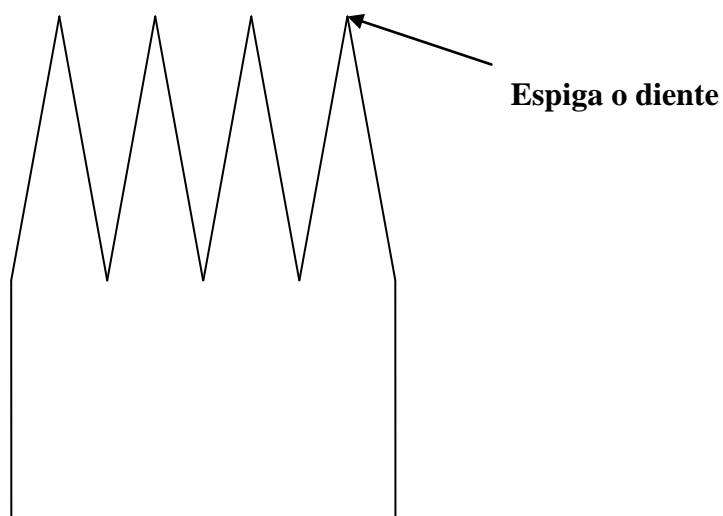
1. Unión sesgada
2. Finger joint horizontal
3. Finger joint vertical

(Vetas, 2004)

Mediante el Finger Joint es posible, una vez cortados los defectos de crecimiento o de proceso de la madera, unir con pegamento piezas de diferentes tamaños para formar una tabla infinita que se puede cortar al largo deseado con una sierra dimensionadora. Eso significa un empleo óptimo de la materia prima simultáneamente con un aumento de la calidad (Weinig, 1996).

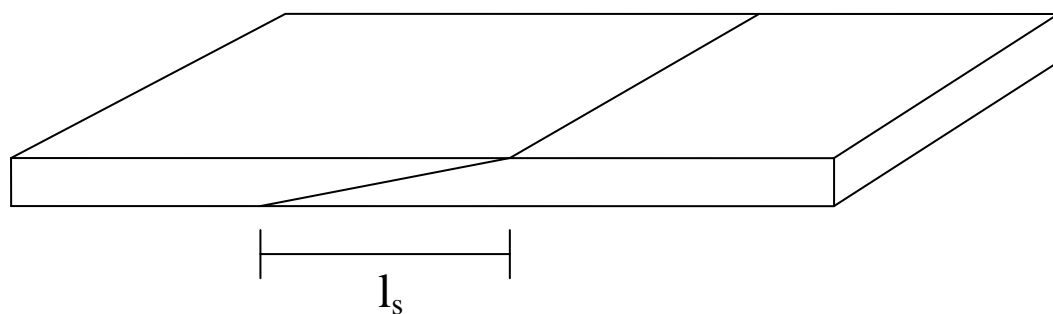
La traducción técnica al español de la palabra finger joint es “*espiga acuña*”, refiriéndose a la forma en que se entrelazan las dos partes de madera, pero para objeto de este estudio utilizaremos el anglicismo “finger joint” para referirnos tanto a la pieza final producida a partir de piezas más pequeñas como al proceso para realizarla ya que es el término utilizado en el medio. Se utilizará la palabra diente o espiga para referirse a la incisión que lleva cada unión de piezas (ver figura 3.4).

Figura 3.4 Espiga o dientes de una unión tipo finger joint



1. Historia del uso del finger joint. El uso de la unión tipo finger joint en la madera de construcción presenta un desarrollo relativamente reciente, que se comenzó a imponer a principios de los años sesenta. Anteriormente se unían en sentido longitudinal las piezas individuales de madera por medio de una unión sesgada (ver figura 3.5).

Figura 3.5 Unión sesgada o inclinada de dos piezas de madera

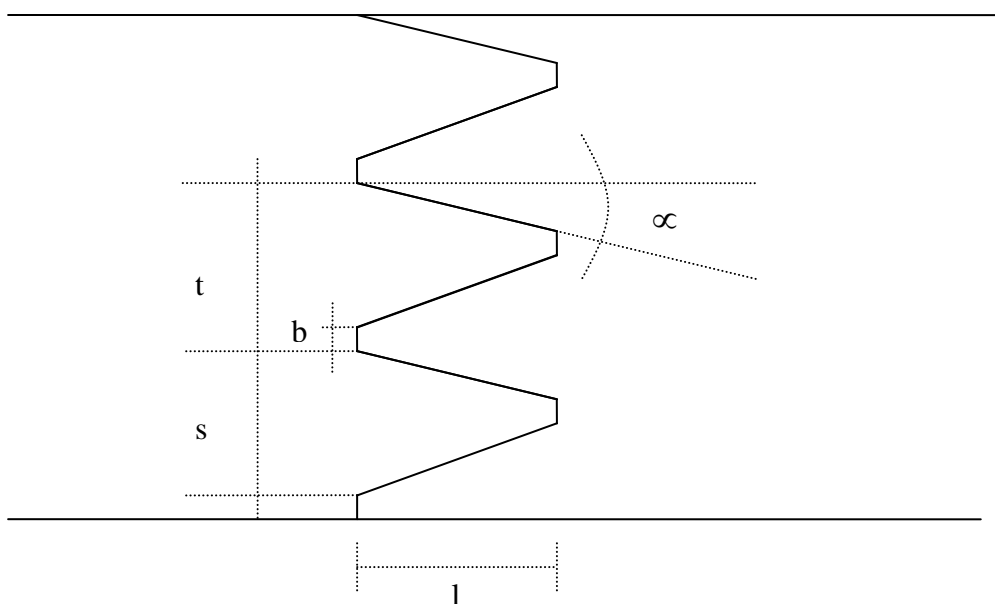


Sin embargo esta forma de unir la madera presentaba las siguientes desventajas:

- A mayores medidas (ancho y espesor) de las tablas, estas casaban menos, debido a que era muy difícil hacer un corte exacto con la sierra de cinta.
- La producción de vigas laminadas era muy costosa, porque las tablas tenían que ser alineadas individualmente, teniendo que poner especial atención en que no se resbalaran, para que la presión de prensado pudiera ser totalmente aprovechada.
- Además, en la unión de piezas de forma sesgada se perdía una parte de largo ls de cada tabla.
- El requisito de que en el área de la unión no aparecieran nudos, aumentaba esta pérdida de madera.

En vista de estas desventajas, se vio la necesidad de encontrar una mejor opción de unión longitudinal. Como alternativa se presentó la unión de finger joint, la cual cumplía con los requisitos de mejor casa entre las piezas, facilidad de manipulación en la producción de vigas laminadas y menor pérdida de materia prima. En el dibujo 2 se presenta una unión de finger joint según las indicaciones de la norma alemana DIN 68140 (J. Ehlbeck et al, 1989)

Figura 3.6 Partes del finger joint



En donde:

l = largo de la espiga

t = división de espiga

b = espesor del fondo de la espiga

s = luz de la espiga

α = ángulo del flanco

Había sin embargo, dos razones que impedían que la unión de finger joint se impusiera a la unión sesgada. Primero, se estableció repetidamente que la firmeza del finger joint era menor (Madsen y Littleford 1962) y segundo, la producción del finger joint no era tan fácil, ya que al principio se hacían las espigas o dientes por medio de patrones con la sierra de cinta en los extremos de las tablas (J. Ehlbeck et al, 1989).

Ensayos de Eby en 1968 demostraron sin embargo, que la firmeza de la unión sesgada solamente era comprobable en pequeñas muestras producidas en los laboratorios. Sus investigaciones demostraron que en las muestras provenientes de una producción continua, las diferencias en resistencia no eran tan grandes como en el caso de las muestras de laboratorio. Además, pronto las fresas (instrumentos para cortar madera con mayor precisión) asumieron el trabajo de las sierras de cinta, de tal manera que se logró una producción más rápida y con mayor precisión.

2. Conocimiento técnico actual. La influencia de factores en la firmeza del finger joint

fue estudiada sistemáticamente a principios de los años sesenta, concentrándose principalmente en la influencia de la geometría del finger joint. Hoy día se sabe que otros factores influyentes son las características de la madera y los factores dependientes de la producción (J. Ehlbeck et al, 1989).

3. Influencia de la geometría del finger joint. Todas las investigaciones (Selbo, 1963 y

Strickler 1980) señalan la influencia dominante de los siguientes tres factores:

a. Grosor de la espiga b. A mayor grosor de la espiga o diente b , disminuye la firmeza

de la unión. Esto se explica por el hecho de que la luz de la espiga s no permite una unión entre la punta de espiga de una pieza y el fondo de espiga de la otra y de esta manera ninguna fuerza puede ser transmitida. Las fuerzas tienen que ser desviadas en el área del fondo de la espiga, de tal manera que aquí aparecen tensiones adicionales, que son mayores cuánto más grande sea el grosor de la espiga.

b. Relación $2l/t$. Esta relación es una medida para el área de encolado, que por unidad

de ancho está a disposición de la transmisión de fuerza. A mayor relación $2l/t$, se ve un aumento de la firmeza. Selbo señaló, que hay cierto valor límite a partir del cual ya no es posible un aumento en la firmeza de la unión.

c. Perfil. La geometría del finger joint ha perdido importancia en los últimos años

debido a que solamente se ha impuesto un pequeño número de perfiles. Así, está el perfil $l/t = 20/6,2$ mm muy diseminado en Europa, en tanto que el perfil $15/3,8$ mm se ha comenzado a imponer en los últimos años por demostrar una resistencia a la flexión mayor. En Escandinavia por otro lado, sobre todo en Suecia, aparece más comúnmente el perfil $30/6,2$ mm.

4. Influencia de las características de la madera. Egner y Dorn 1962 establecieron que a mayor densidad de las tablas crecía también la estabilidad de las uniones. Este descubrimiento fue corroborado por investigaciones de Eby 1968, Ehlbeck et al. 1985 b, Johansson 1983 y 1986, Larsen 1980, Madsen/Littleford 1962 y Moody 1970, quienes coincidentemente determinaron que la firmeza del finger joint aumentaba con mayor densidad y / o mayor módulo de elasticidad de las tablas.

De mayor importancia es que en el área de la unión no debe haber defectos tales como nudos o fibras encontradas, ya que estos reducen notablemente la firmeza del finger joint (Pellicane et al. 1987). Por otro lado, mientras mejor sean las características de la madera, crece la probabilidad de un fallo en el área de la unión, lo cual no significa que la unión haya sido mal hecha. Por ejemplo, las uniones en las cuales por lo menos una de las dos partes contiene médula, muestran en promedio una menor resistencia a flexión que las uniones sin médula (J. Ehlbeck et al, 1989).

También, la firmeza del finger joint es determinada por la “peor” parte. Es decir, el fallo aparece en la tabla con las peores características de madera. Esto significa, que en una unión de tablas con fuertes diferencias de características, la mayor resistencia de la mejor tabla no puede ser aprovechada (J. Ehlbeck et al, 1989).

5. Influencia de los factores dependientes de la producción. Los parámetros que pueden influenciar negativamente en la resistencia son, por ejemplo fresas desigualmente afiladas o sin filo, suministro insuficiente de pegamento, encolado desigual, insuficiente o demasiada presión de prensado, humedad muy alta o desigual de la madera, mal apilado de las tablas unidas, etc. (J. Ehlbeck et al, 1989).

6. Ventajas en el uso del Finger Joint. Las ventajas que se obtienen en la fabricación de

productos finger joint son muy amplias y variadas que van desde sus bondades con el ambiente hasta un importante ingreso para los aserraderos a partir del aprovechamiento de sus propios desperdicios de madera. A continuación se menciona algunas de estas ventajas:

a. Protección del medio ambiente

- 1) Menor uso de materia prima mediante mayor aprovechamiento de la madera
- 2) Empleo de maderas débiles o de raleo
- 3) Aumento de calidad al convertirlos en productos de madera pegada
- 4) Menores gastos de transporte
- 5) Mayor resistencia con secciones menores

b. Ventajas en la producción de madera de buena calidad a partir de madera de desperdicio.

- 1) Calidades libres de nudos, optimización de la mezcla
- 2) Empleo de piezas cortas (aprovechamiento de desperdicios)
- 3) Homogenización mediante productos infinitos y sin nudos
- 4) Mejores características ópticas y técnicas
- 5) La madera con Finger Joint se comporta mejor, no se curva

(Weinig, 1996).

7. Tipos de uniones finger joint. El finger joint se realiza siempre paralelo a la fibra de

la madera y puede ser de dos tipos vertical y horizontal:

a. Finger Joint tipo vertical. Esta unión se caracteriza por que los “dientes” se hacen

a lo ancho de las piezas de madera. Las ventajas y características de este tipo de unión son:

- 1) Su alta resistencia para la madera de construcción, ventanas, vigas laminadas, secciones grandes, tableros encolados con finger a la vista.
- 2) La productividad en las maquinas que hacen este tipo de uniones es alta debido al fresado de varias piezas por paquete.
- 3) No es necesario cepillarla previamente
- 4) Buen cálculo estático
- 5) Calidades libres de nudo
- 6) Mayor firmeza
- 7) Estabilidad
- 8) Uso y valoración de maderas débiles
- 9) Ventajas de secado en el caso de madera encolada
- 10) Humedad restante de la madera (KVH) exacta

(Weinig, 1996).

b. Finger Joint tipo horizontal. Este tipo de unión se produce haciendo los cortes a lo largo del grueso o espesor de la pieza de madera. La productividad disminuye en este tipo de unión debido a que la máquina puede cortar menos piezas por paquete. Otras características son:

1. Alta aceptación óptica (tipo Parquet)
2. Calidad del producto final mejor con largos fijos (libre de tensiones)
3. Tableros encolados para muebles e interiores
4. Calidades libres de nudos
5. Óptica mas homogénea
6. Secado de la madera más preciso
7. Optimización de la mezcla
8. Empleo de piezas cortas

(Weinig, 1996).

8. Proceso de unión de Finger Joint. El proceso de Finger Joint requiere de una maquinaria especializada que garantice una perfecta unión entre las piezas de madera desde el corte de los “dientes” hasta el encolado (aplicación del pegamento) y la prensa final (unión de las piezas para lograr largos determinados). Los principios generales de funcionamiento para realizar esta tarea son los siguientes:

a. Fresado de las piezas. En esta parte la máquina realiza el escuadrado de las piezas de una sección establecida para dejarlas completamente rectas. Luego sigue el fresado de las mismas en forma de que sus extremos queden con incisiones en forma de “diente”. En esta fase la maquina tiene la opción de hacer el finger vertical u horizontal así como las diferentes opciones de fresado de que disponga el proveedor de dicha máquina.

b. Aplicación del pegamento. En esta fase se procede a encolar los dientes de las piezas a unir.

1) Ensamblado para producto final. En esta fase se unen las piezas previamente encoladas y por medio de una prensa se ajustan los entre dientes para que no queden espacios vacíos y quede una sola pieza.

(Weinig, 1996).

Este proceso puede variar en su producción y facilidad de manejo dependiendo del tipo y marca de maquinaria que se utilice para hacerlo. Una vez se obtengan productos de las dimensiones establecidas se puede proceder a cepillar y tratar la nueva pieza de madera (Weinig, 1996).

IV. METODOLOGÍA

A. Descripción del área de estudio

Nombre de la empresa: Lignum, S.A.

Ubicación: Km. 80, carretera al atlántico, aldea El Rancho departamento de El Progreso.

Tipo de empresa: Aserradero

Principales productos comerciales: Madera dimensionada, perfiles y postes impregnados.

B. Áreas de trabajo en la planta de producción. El aserradero consta de varias áreas en las cuales se transforma la madera en piezas con mayor valor agregado. Estas áreas son las siguientes:

Patio de trozas. En esta área se almacenan y clasifican las trozas que serán utilizadas en el aserradero. Actualmente Lignum posee bosques de pino en diferentes localidades del país que proveen de materia prima a la planta principal.

Aserradero 1. Este aserradero consta de una sierra de carro pequeña que se encarga de aserrar madera de teca u otro tipo de madera que no sea propiedad de Lignum.

Área del aserradero No.2. Ésta es el área de mayor producción en donde se aserra la madera de pino propia de la empresa. Consta de una sierra principal de banda, dos reaserradoras, una canteadora y una despuntadora. Como principales productos se obtiene diariamente: madera dimensionada de primera calidad (madera de primera), madera de tercera calidad (madera de tercera), madera de primera calidad de largos no comerciales, madera para la producción de celosía y cuadrado para bolillo, leña y madera que va al área de recuperación.

1. La madera de primera tiene una calidad alta lo que significa que contiene el mínimo de defectos (nudos, ocote) que las normas de calidad del aserradero y del comercio define (ver Apéndice 1).

2. La madera de tercera se refiere a madera que no cumple los requisitos de la madera de primera y que por lo general tiene muchos nudos, regiones grandes de jocote, rajaduras, corteza y/o picaduras (ver Apéndice 1)..
3. La madera para la producción de celosía o cuadrado para bolillo se refiere a madera que queda de las principales sierras de reaserrío y que no cumple con las dimensiones mínimas en ancho, espesor o largo para ser de primera.

Generalmente estas piezas son de forma irregular debido a sus contenidos de corteza.

1. Leña. Se conoce como leña aquellos desperdicios que por sus dimensiones y calidades se utilizan como material de combustión para usos varios. Dentro de la producción de este aserradero se tienen dos clases de leña. La primera que son secciones de aprox. 1plg o menos por 1 plg o menos, de largos que varían entre 10 y 36 plg. El segundo tipo de leña proviene de la despuntadora del aserradero la cual se utiliza para dimensionar y sanear de defectos a piezas de primera. Este tipo de leña tiene secciones según las piezas que hayan objeto de la producción diaria, generalmente en espesores de 1 a 2plg por 3, 4, 6, 8,10 y 12 plg. Y largos variados que van desde 8plg hasta 50plg (ver Apéndice 1).

2. Madera que va al área de recuperación. Esta madera tiene la característica de poseer de formas irregulares, posee mucha corteza, no cumple con dimensiones mínimas para dimensionarla como madera de primera. Su destino es el área de recuperación en donde se puede utilizar como madera para producción de celosía o cuadrado para bolillo o para piezas que sirvan para la construcción de cajas de tomate (ver Apéndice 1)

3. Madera de primera de largos no comerciales (M1LNC). Esta madera cumple los requisitos de calidad para ser vendida como madera de primera pero carece de dimensiones en largos altamente comerciales siendo estos 8, 10,12,14 y 16 pies. Quiere decir que estas piezas tienen secciones de ancho y espesor comerciales pero poseen largos de 6 y 7 pies.

Horno de secado. La planta principal tiene un área de secado a la cual se manda toda la madera dimensionada de primera calidad para darle el proceso de secado, que puede durar uno o varios días dependiendo del tipo de madera y su contenido de humedad.

Área de cepillo. Ésta área posee un cepillo para los cuatro cantos de la madera rústica. Además posee una despuntadora para sanear defectos. En esta área se supone solo llega madera clasificada como de primera en el aserradero dos y con un previo proceso de secado en un horno especializado.

Los productos y desperdicios de esta área son madera de primera cepillada, leña, rechazo de madera cepillada.

1. Madera cepillada de primera. Esta madera va cepillada en sus cuatro cantos y posee el mínimo de defectos. Esta lista para su venta o para un próximo proceso de impregnación para su futura venta. Las dimensiones de la madera van desde 1 hasta 3plg de espesor en anchos de 2.3.4.6.8.10 y 12 plg. con largos comerciales de 8, 10, 12,14 pies o más.

2. Leña. Esta se refiere a las secciones que tienen defectos en una pieza y que son saneados con la despuntadora. Tienen las mismas secciones que la madera de primera trabajada cada día y largos que van desde 8 a 50 plg. El destino de esta madera es su venta como leña (ver Apéndice 1).

3. Rechazo de madera cepillada. Esta madera es la que no cumple los requisitos de madera de primera luego de su secado y cepillado. Posee nudos saltados y rajaduras producto del secado. La cantidad de esta madera muchas veces es alta debido a una mala selección en el aserradero No. 2 ya que hay madera podrida y picada. Los pt diarios no son contabilizados para obtener el rendimiento diario lo que es un error debido a que es madera que ya tiene cuatro procesos previos que tienen un costo (aserrado, secado, almacenado y cepillado). El destino de esta madera es el área de recuperación para la elaboración de estacas o cajas de tomate (ver Apéndice 1).

Área de molduras y cepillo. En esta área es donde se producen perfiles, es decir, madera tipo machihombre, piso, zócalos, celosía, etc.. Tiene una sola máquina molduradora y una sierra circular como despuntadora (ver Apéndice 1)..

Área de impregnación. En esta área se produce la última fase antes de vender la madera y consiste en impregnar la madera con el proceso *Osmose* para proteger a la madera contra ataques de insectos y hongos, dándole así larga vida.

Bodegas de almacenamiento. Estas bodegas cumplen la función de almacenar la madera según el estado de la misma, es decir hay bodegas de perfiles ya impregnados, madera S4S impregnada, madera rechazada rústica, cepillada etc. (ver Apéndice 1).

Oficinas administrativas. Esta es el área en donde se comercializa la madera y se monitorea las actividades cotidianas de toda la planta.

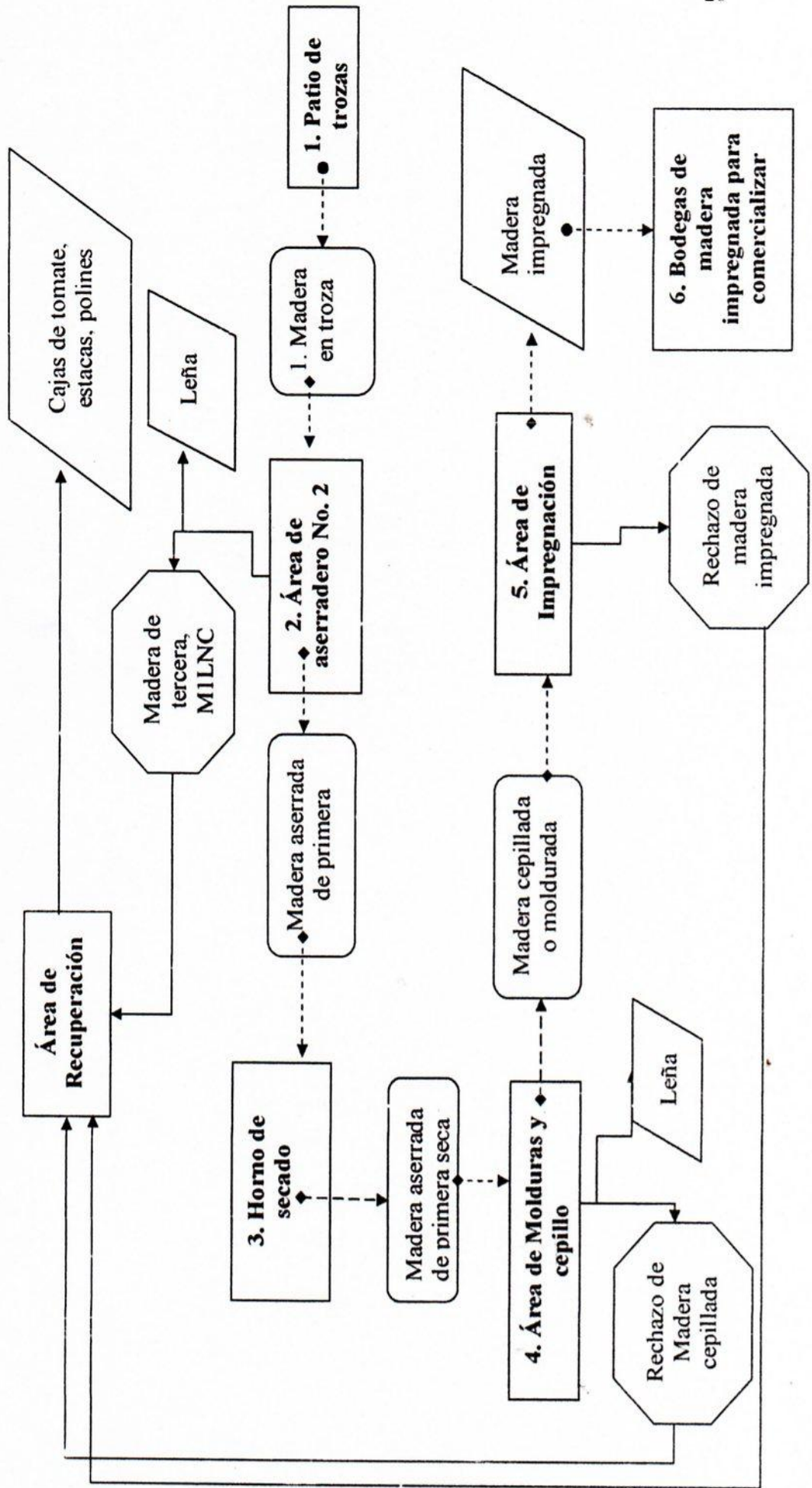
C. Proceso de transformación de la madera en la planta de producción Lignum. S.A.

En la planta Lignum la madera transformada sigue un proceso representado en la tabla 4.1 y en el diagrama 4.1:

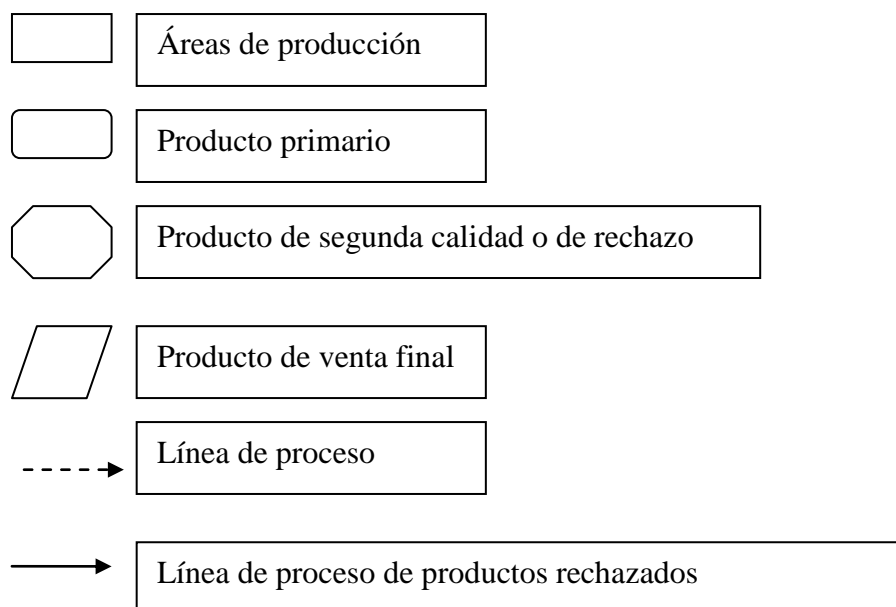
Tabla 4.1. proceso de transformación de la madera en el aserradero Lignum

No. de proceso	Área	Producto ingresado	Producto saliente	Producto al área de recuperación
1	Patio de troza	Troza	Troza	-
2	Aserradero 2	Troza	Madera dimensionada de primera calidad	Madera de tercera, leña, MILNC
3	Horno	Madera dimensionada de primera calidad	Madera secada de primera calidad	Madera con rajaduras y nudos saltados
4	Área de cepillo y molduras	Madera secada	Madera cepillada y/o moldurada	Madera cepillada y/o moldurada rechazada por daños naturales o de ejecución de proceso
5	Área de impregnación	Madera cepillada y/o moldurada	Madera impregnada	Madera impregnada rechazada por daños naturales o por ejecución de proceso.
6	Bodegas de almacenamiento	Madera clasificada por acabado	Madera vendida	Madera almacenada que normalmente tuviera que ir a esta área

Figura 4.1. Flujo de producción de madera aserrada en Lignum, S.A



En el diagrama anterior se encuentra una manera gráfica del proceso de transformación de la madera aserrada en Lignum. A continuación se presenta la leyenda del diagrama 4.1:



1. Determinación del tipo de madera y sus respectivas medidas a incluir para la implementación de la maquinaria finger joint.

El tipo de madera así como las medidas incluidas en este estudio se determinaron según las exigencias mínimas y máximas de la máquina de finger joint y de los intereses propios del Aserradero Lignum, S.A.

2. Identificación y descripción de las áreas consideradas para este estudio.

3. Identificación de las principales fuentes de madera para finger joint dentro de la producción diaria del aserradero Lignum.

Para la identificación de estas fuentes se observó durante diez días el funcionamiento de todas las áreas de producción del aserradero.

D. Cuantificación de madera utilizable para finger joint en cada fuente identificada.

Para cuantificar la madera que puede utilizarse para finger joint, se estableció un sistema de muestreo al azar en donde cada observación equivale a la madera producida en una jornada de trabajo. Cada jornada de trabajo es equivalente a un día de producción para cada área de estudio.

Se realizó una observación por día en horarios de 6:00 AM. a 6:50 PM. Estas observaciones fueron distribuidas dentro de los meses de diciembre y enero.

Se calculó el porcentaje relativo de madera producida en el día n (jornada laboral) para cada fuente identificada respecto a la madera ingresada a cada área de estudio. Esta madera es en estado de troza (madera verde) para el caso del aserradero dos y madera rústica para el área de cepillo.

$$\% \text{ fuente} = \text{pt Ingreso} / \text{pt fuente}$$

en donde

Porcentaje fuente = % de cada fuente respecto a la cantidad de madera que ingreso al área de estudio el día n.

Pt ingreso = la cantidad en pt de madera que ingreso en cada área para el día n.

Pt fuente = cantidad en pt de madera de cada fuente para el día n.

1. Determinación del Castigo. Para cada fuente se estableció un castigo que se refiere a una sección que posee defectos y que se resta del volumen nominal, con el objetivo de obtener un volumen real utilizable para producir madera finger joint libre de defectos. El castigo se realizó a lo largo o a lo ancho según fuera el caso, y luego se transformó a una sección volumétrica en la forma siguiente:

$$\text{Volumen utilizable} = \text{Vnominal} - \text{Vcastigado}$$

En donde

Vnominal = pt de madera obtenidos por la fórmula de volumen para madera aserrada

Vcastigado = (plg de espesor * (plg ancho- plg de castigo) * (pies de largo-pies castigo)) / 12

E. Madera de tercera

El proceso para la cuantificación de madera de tercera se dividió en dos partes, que fueron: la determinación del porcentaje promedio a utilizar de cada pieza según su ancho y el porcentaje promedio de madera de tercera producida diariamente en relación con la producción diaria de madera en troza. Se hizo de esta manera debido a que no toda la madera de tercera se puede utilizar sino solamente un porcentaje de cada pieza, con el objetivo de que la máquina de finger joint produzca madera sin defectos.

1. Determinación del porcentaje promedio a utilizar. Se tomó una pre-muestra de 20 piezas de diferentes largos en anchos de 2 a 12 pulgadas.

Con un crayón para marcar madera se marcaron los defectos y con un metro se castigó la pieza en ancho o largo según fuera el caso. A cada pieza se le castigó 2 plg como castigo automático (demasía) a parte del castigo específico de cada una.

Se anotaron las medidas de cada pieza, así como su respectivo castigo, para su posterior análisis en donde se calculó el volumen nominal y el volumen final (volumen utilizable).

Se restó del volumen total de la pieza el volumen castigado quedando así el volumen utilizable.

Se calculó la media de volumen utilizable para cada ancho y se sacó una desviación estándar. De acuerdo a un valor z con una probabilidad del 95% se estimó el tamaño de la muestra para que ésta fuera representativa.

Con los nuevos valores de la media y de la desviación Standard se determinó el intervalo de confianza con una probabilidad del 95% para la muestra final.

2. Producción diaria de madera de tercera útil para finger joint. Este

cálculo fue hecho en base al porcentaje relativo del volumen de madera de tercera y el volumen de madera en troza ingresada a la sierra principal el día de la medición.

Se hizo una muestra total de 15 observaciones. Para cada pieza se anotó su espesor, ancho y largo así como volumen en pies tablares. Se calculó el promedio de porcentaje de producción diaria de madera de tercera en relación a la troza ingresada el día de cada medición. Según esta media y a su desviación Standard se calculó el número de muestras necesarias para que los datos fueran representativos. Se determinó el intervalo de confianza para la media de la muestra final utilizando una distribución t y un nivel de confianza del 95%

3. Producción diaria de madera de leña, útil para finger joint,

proveniente de la despuntadora del aserradero No.2. Para determinar el porcentaje relativo de leña útil para finger joint respecto a la troza ingresada se hizo un muestreo de 15 observaciones.

La toma de datos se realizó cada día de observación enfrente de la despuntadora con el objetivo de contabilizar toda la madera útil proveniente de la misma.

Se anotaron las medidas de cada pieza, así como su respectivo castigo, para su posterior análisis en donde se calculó el volumen nominal y el volumen final (volumen utilizable).

Se restó del volumen total de la pieza el volumen castigado, quedando así el volumen utilizable.

Se sumó el volumen utilizable, teniendo así, el total de pt de esta fuente para cada día de observación.

Se calculó el porcentaje de este valor respecto al total de troza ingresada al aserradero ese día.

Se calculó un promedio del porcentaje de cada día estudiado y su respectiva desviación Standard. De acuerdo a lo anterior se calculó el número de muestras necesarias para que los datos fueran representativos.

Se estableció el intervalo de confianza para la media de la muestra final utilizando una distribución tipo t con 95% de confianza.

4. Producción diaria de madera de primera de largos no comerciales

(M1LNC) útil para finger joint. Para determinar el porcentaje relativo de M1LNC para finger joint respecto a la troza ingresada se hizo un muestreo de 15 observaciones.

Para cada pieza se anotó su espesor, ancho y largo así como volumen en pies tablares.

Se sumó el total de pt diarios y en base a este valor se calculó el promedio de porcentaje de producción diaria en relación a la troza ingresada el día de cada observación y su respectiva desviación Standard. Según lo anterior se calculó el número de muestras necesarias para que los datos fueran representativos.

Se determinó el intervalo de confianza para la muestra final utilizando una distribución t, y un nivel de confianza del 95%

5. Producción de diaria de madera cepillada, rechazada en el área de

cepillo, útil para finger joint. Este cálculo fue hecho de acuerdo al porcentaje relativo entre la cantidad de madera cepillada que se rechazó y el volumen de madera rústica ingresada al cepillo en cada observación.

Se hizo una muestra de 15 observaciones siendo cada una de estas una jornada diaria de trabajo.

Para cada pieza se anotó su espesor, ancho y largo así como volumen en pies tablares.

Se calculó el promedio de porcentajes de producción diaria en relación a la madera cruda ingresada el día de la medición así como su desviación Standard. Según lo anterior se calculó el número de muestras necesarias para que los datos fueran representativos.

Se determinó el intervalo de confianza para la muestra final utilizando una distribución t y un nivel de confianza del 95%

6. Producción diaria de leña, útil para finger joint , en el área de cepillo.

Para determinar el porcentaje relativo de leña útil para finger joint respecto a la madera rústica ingresada se hizo un muestreo de 15 observaciones siendo cada una de estas un día de trabajo completo en el área de cepillo.

La toma de datos se realizó cada día de observación enfrente de la despuntadora con el objetivo de contabilizar toda la madera útil proveniente de la misma.

A cada pieza se le marcaron los defectos a castigar así como su espesor, ancho y largo final, es decir ya con castigo.

A cada pieza se le calculó su volumen en pies tablares (pt) y se sumaron todas las piezas producidas a lo largo del día, obteniendo del total un porcentaje relativo a la madera rústica ingresada.

Se calculó un promedio del porcentaje relativo a la madera ingresada así como su desviación Standard. De acuerdo lo anterior se calculó el número de muestras necesarias para que los datos fueran representativos.

Se estableció el intervalo de confianza para la muestra final utilizando una distribución tipo t con 95% de confianza.

F. Cálculo estadístico

Los parámetros estadísticos utilizados se calcularon utilizando el programa de análisis estadístico de Excel. Estos fueron los siguientes:

1. **Promedio o media aritmética.** Medida de tendencia central de un conjunto de datos. Se calcula sumando todos los valores de los datos y dividiendo el resultado entre el número de elementos (Anderson et al, 1999).
2. **Promedio o media ponderada.** Promedio de un conjunto de datos, que se obtienen asignando un factor de ponderación a cada valor de dato. Este factor refleja la importancia dentro del conjunto (Anderson et al, 1999).
3. **Desviación standard.** Es una medida de desviación de una serie de datos respecto a la media aritmética de los mismos (Weimer, 1999).
4. **Distribución t.** Es una distribución de probabilidad que se puede usar para determinar estimados de intervalo de una media de población cuando se desconozca la desviación estándar de la misma, y que ésta tenga así una distribución normal o casi normal de probabilidades (Weimer, 1999).

5. **Intervalo de confianza.** Es aquel que representa el límite superior e inferior en donde puede ocurrir el valor de un parámetro (Anderson et al, 1999).
6. **Nivel de confianza.** Es la probabilidad de que una estimación sea correcta (Anderson et al, 1999).

El número de muestras u observaciones se determinó en base a un pre-muestreo y a un valor de una distribución de tipo t con un área de probabilidad del 95% con n-1 grados de libertad, en donde n son el número de observaciones. Este valor de t se utilizó para muestras menores de 30 observaciones. Para muestras mayores se utilizó el valor de la distribución z con una probabilidad del 95%. Este valor Z es 1.96

G. Utilización de registros de Lignum S.A.

Con el objetivo de obtener datos más significativos se utilizaron los registros de producción existentes para las siguientes áreas:

Aserradero dos. Los registros de producción semanal de troza para los todas los meses del año 2003.

Área de cepillo. Se utilizaron los registros del volumen ingresado durante los meses de octubre y noviembre, así como los datos de producción diaria y madera cepillada rechazada.

Área de bodega. Con estos registros se procedió a cuantificar la madera de tercera y madera M1LNC en stock.

1. Cuantificación de madera en stock. Para cuantificar la madera en stock se realizó un inventario de existencia en las bodegas que almacenan madera que no ha sido comercializada. Las bodegas tomadas en cuenta fueron la bodega 70 y 55 correspondientes a M1LNC y a madera de tercera respectivamente.

Se anotó las secciones de espesor, ancho y largo. Se calculó el volumen en pt para cada tipo de pieza y en base al inventario se calculó el total de pies tablares.

Para la madera de tercera se aplicó el porcentaje de castigo establecido por el estudio de porcentaje de utilización de madera de tercera.

H. Producción media diaria de madera en el área de cepillo y aserradero dos

Según los registros del año 2003 se realizó un modelo de día de producción normal para las áreas del aserradero No.2 y de cepillo.

1. Área de Aserradero No. 2. Se analizó la cantidad de pt de troza ingresada cada día durante el año 2003.

Se calculó una media aritmética del total de pies tablares de troza trabajados diariamente excluyendo a criterio del investigador los valores extremos de producción.

Con la Desviación standard de esta media aritmética se procedió a calcular el intervalo de confianza utilizando un valor de distribución Z para muestras grandes y un índice de confiabilidad del 95%.

2. Área de cepillo. Se analizó la cantidad de pt de madera rústica ingresada cada día durante el año 2003.

Se calculó la media aritmética del volumen de madera rústica ingresada diariamente a esta área, excluyendo a criterio del investigador los valores extremos de producción.

Con la Desviación standard de la producción se procedió a calcular el intervalo de confianza utilizando un valor de distribución Z para muestras grandes y un índice de confiabilidad del 95%.

Se calculó la producción media de pt de madera rústica ingresada diariamente al área de cepillo.

I. Proyección de madera útil para finger joint.

Según la producción media del aserradero y el área de cepillo se procedió a extrapolar los valores de porcentaje medio de cada fuente de madera útil para finger, calculados anteriormente.

J. Elección de máquina de finger joint para su establecimiento en el Aserradero LIGNUM, S.A.

La elección de maquinaria se hizo basada en los suministros de materia prima calculados en este estudio y en base a las proyecciones de expansión de la empresa. Además, este proceso fue asesorado por personal calificado de Weinig representado por TECNOMADERAS, S.A. en Guatemala.

K. Proyección del costo por pie tablar producido por la máquina

Se identificaron los costos de materiales y servicios involucrados en la implementación de una máquina tipo finger joint.

Se consultó el precio de dichos servicios y materiales con los respectivos proveedores.

Según consultas con FENOSA, empresa encargada de suministrar energía en el área de El Rancho, El Progreso se estableció el costo de luz que representaría el funcionamiento de la maquina finger joint.

Los costos del personal fueron hechos bajo supuestos salariales del área.

El costo de herramientas a utilizar fue proporcionado por el distribuidor TECNOMADERAS.

L. Proyección financiera de la inversión en maquinaria finger joint

De acuerdo a las proyecciones de producción de la madera útil para fabricar finger joint, a los supuestos costos de operación y supuesto precio de venta se realizará una proyección anual de madera finger joint en donde se analizara los indicadores financieros de Tasa Interna de Retorno (TIR) y Valor Actual Neto (VAN).

TIR. Es la tasa de descuento, a la que el valor presente neto de todos los flujos de efectivo de los períodos proyectados es igual a cero. Se utiliza para establecer la tasa de rendimiento esperada de un proyecto. El método de cálculo considera el factor tiempo en el valor del dinero y se aplica con base en el flujo neto de efectivo que generará el proyecto (gestiopolis, 2004).

VAN. Es un criterio financiero para el análisis de proyectos de inversión que consiste en determinar el valor actual de los flujos de caja que se esperan en el transcurso de la inversión, tanto de los flujos positivos como de las salidas de capital (incluida la inversión inicial), donde éstas se representan con signo negativo, mediante su descuento a una tasa o coste de capital adecuado al valor temporal del dinero y al riesgo de la inversión. Según este criterio, se recomienda realizar aquellas inversiones cuyo valor actual neto sea positivo (gestiopolis, 2004).

Tanto el TIR como el VAN fueron calculados en los ingresos esperados para el primer y segundo año de funcionamiento de la máquina.

V. RESULTADOS

A. Determinación del tipo de madera y medidas a incluir para la implementación de la maquinaria finger joint.

1. Tipo de madera

Especie: *Pinus spp.*

Defectos admitidos para analizar: nudos, corteza, rajaduras, ocote, bolsas de resina.

2. Dimensiones

Tabla 5.1. Medidas de piezas de madera incluidas en este estudio

Medida	Mínimo	Máximo
Espesor	1 plg	4 plg
Ancho	2 plg	cualquiera
Largo	8 plg	cualquiera

B. Identificación de principales fuentes de madera para ser utilizada en el finger joint dentro del aserradero Lignum.

Se identificaron tres áreas especiales en donde se produce madera diariamente para ser utilizada en la producción de finger joint:

1. Área del aserradero dos.
2. Área de cepillo
3. Madera en stock

Tabla 5.2. Resumen de características de madera para utilizar en finger joint

Tipo de madera	Área	Medida			Origen	Destino
		Espesor	Ancho	Largo		
Madera de tercera *	Aserradero 2	1 a 4 plg.	2 a 12 plg	6 a 16 pies	Reaserradoras	Bodega, área de recuperación
MILNC *	Aserradero 2	1 a 4 plg.	2 a 12 plg	6 a 8 pies	Reaserradoras	Bodega, área de recuperación
Leña *	Aserradero 2	1 a 4 plg.	2 a 12 plg	8 a 50plg	Despuntadora	Venta como combustible (leña)
Rechazo de cepillo *	Cepillo	1 a 4 plg.	2 a 12 plg	8 a 16 pies	Cepillo	Bodega, área de recuperación
Leña *	Cepillo	1 a 4 plg.	2 a 12 plg	8 a 50plg	Despuntadora	Venta como combustible (leña)
Stock	Ase. y cepillo	1 a 4 plg.	2 a 12 plg	6 a 8 pies	Reaserradoras	Bodega, área de recuperación

En esta tabla se puede observar que tipo de madera es utilizable para finger joint y cual es el área en donde se produce. Además contiene las medidas que puede encontrarse en cada área y que utilidad se le está dando actualmente a esta madera. Las medidas de Espesor y Ancho dependen generalmente de los pedidos a aserrar para ese día. A pesar de esto, se observó que el espesor más común es 1 plg.

a. Fuentes de madera para finger joint del área del Aserradero 2

- 1) Madera de tercera
- 2) Madera de primera de largos no comerciales
- 3) Leña de la despuntadora de defectos.

A continuación se presentan los resultados de producción diaria para cada fuente identificada en el aserradero 2:

1) Madera de tercera

Tabla 5.3. Producción diaria de madera de tercera

Estimado	Pt de Madera de tercera/día	Porcentaje M3/Troza ingresada/día
Media	1070.83	8.37
Desv. Standard	324.09	3.19
Valor z	1.96	1.96
Número de observaciones	61	61
Intervalo de confianza	81.33	0.8

A partir de la tabla 5.3. se estableció que en un día normal de producción en el Aserradero 2 de Lignum se procesa un $8.37\% \pm 0.80\%$ de pt de madera de tercera respecto a lo ingresado en troza.

Castigo de la madera de tercera

Tabla 5.4. Porcentaje de utilización de la madera de tercera según el ancho de tabla

Ancho (plg)	Porcentaje de pt castigados	Desv. Stand.	n realizadas	Porcentaje a castigar	Porcentaje de recuperación
2	0.215	0.042	24	25	75
3	0.215	0.056	45	27	73
4	0.233	0.066	73	29	77
6	0.348	0.066	77	35	65
8	0.358	0.156	80	36	64
10	0.346	0.087	44	35	65
12	0.364	0.100	56	36	64

En la tabla 5.4 se observa que el porcentaje del volumen útil de cada pieza de madera de tercera varía del 75 al 64% de su volumen nominal según su ancho.

2. Leña del aserradero dos que es utilizable para finger joint.

Tabla 5.5. Resumen estadístico de leña del aserradero dos utilizable para finger joint

Variable	Pt utilizables	Porcentaje pt utilizable/pt troza ingresada
Promedio	211.08	1.42
Desv. Standard	45.97	0.15
Valor de distribución t	2.23	2.23
n	11	11
Intervalo confianza	32.39	0.11

La tabla 5.5 muestra que en un día normal de producción en el Aserradero 2 de Lignum se produce un $1.42\% \pm 0.11\%$ de pt de desperdicio útil respecto a lo ingresado en troza. Las secciones de esta leña son iguales a las de la madera de primera producidas cada día.

3. Madera de primera de largos no comerciales (M1LNC)

Tabla 5.6. Producción diaria de M1LNC utilizables para finger joint respecto al volumen en troza ingresado al aserradero.

Variable	Cantidad
Promedio	2.95 %
Desv. Standard	0.56
t student	2.01
n	16
Intervalo de confianza	0.28

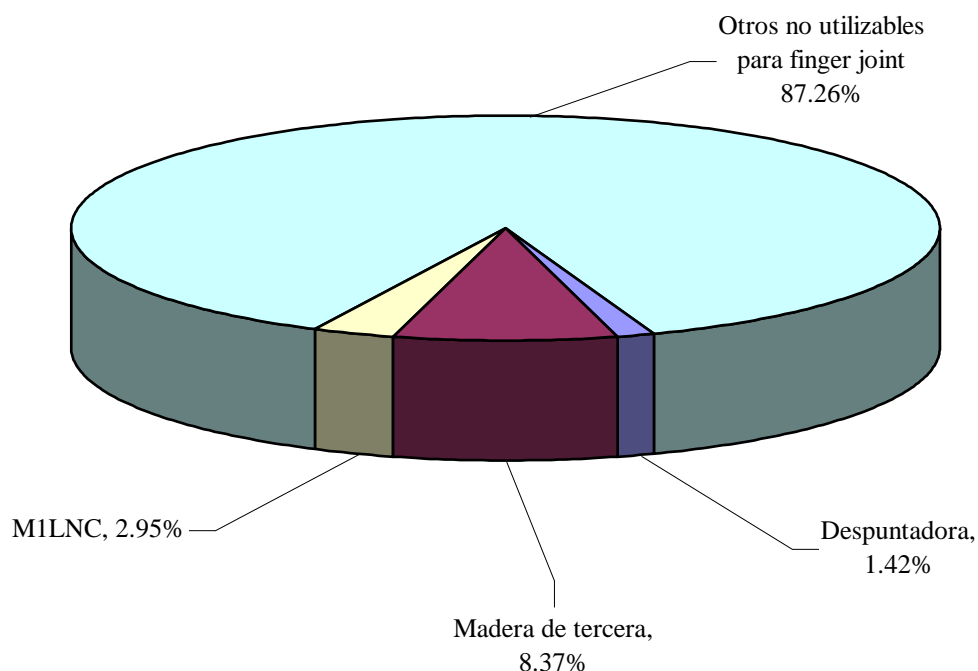
Según la tabla 5.6 se produce un $2.95 \pm 0.28\%$ de M1LNC respecto al volumen total de madera ingresada en troza. Las secciones de espesor y ancho de esta madera es según lo producido por el aserradero cada día en particular.

Tabla 5.7. Resumen de porcentajes de madera utilizables para finger joint respecto al volumen en troza ingresada al aserradero dos

Fuente	Porcentaje respecto a troza ingresada
Despuntadora de Aserradero	1.42
Madera de tercera	8.37
MILNC	2.95
Total	12.74

En la tabla 5.7 se muestra un resumen del porcentaje relativo a la producción diaria del aserradero dos de cada fuente de madera para finger joint. Esto significa que un 12.74 del volumen ingresado al aserradero dos puede ser utilizado para finger joint.

Gráfica 5.1. Distribución de la producción del Aserradero 2.



En la gráfica anterior se observan los porcentajes relativos a la producción diaria en troza del aserradero, resumidos en la tabla, que juntos suman un 12.74% de la producción diaria. La categoría de otros incluye todo lo que no es utilizable en finger joint que incluye a la madera de primera que se dará el proceso de secado e impregnación. Además en esta categoría se incluyen a los restos de corteza, lepa, leña y otros que no son utilizables para finger joint.

2. Área de cepillo. Las fuentes identificadas como madera útil para finger joint en esta área fueron:

- a. Rechazo de cepillo
- b. Leña producto de la despuntadora

a. Leña del área de cepillo útil para finger joint

Tabla 5.8. Porcentaje de leña útil para la maquina de finger joint respecto al volumen de madera rústica ingresada al área de cepillo.

Variable	Cantidad
Media	1.61
Desv. Standard	0.48
n	11
Valor t al 95%	2.228
Intervalo de confianza	0.33

Esta tabla muestra que el 1.61% de la madera rústica ingresada diariamente al área de cepillo son piezas de madera, útiles para finger joint, obtenidas a partir del funcionamiento de la despuntadora.

b. Madera cepillada rechazado útil para finger joint

Tabla 5.9. Porcentaje de madera cepillada rechazada respecto al volumen de madera rústica ingresada al área de cepillo.

Variable	Cantidad
Porcentaje Medio	12.16
Desv. Standard.	4
n	25
Valor t al 95%	2.064
Intervalo de confianza	1.85

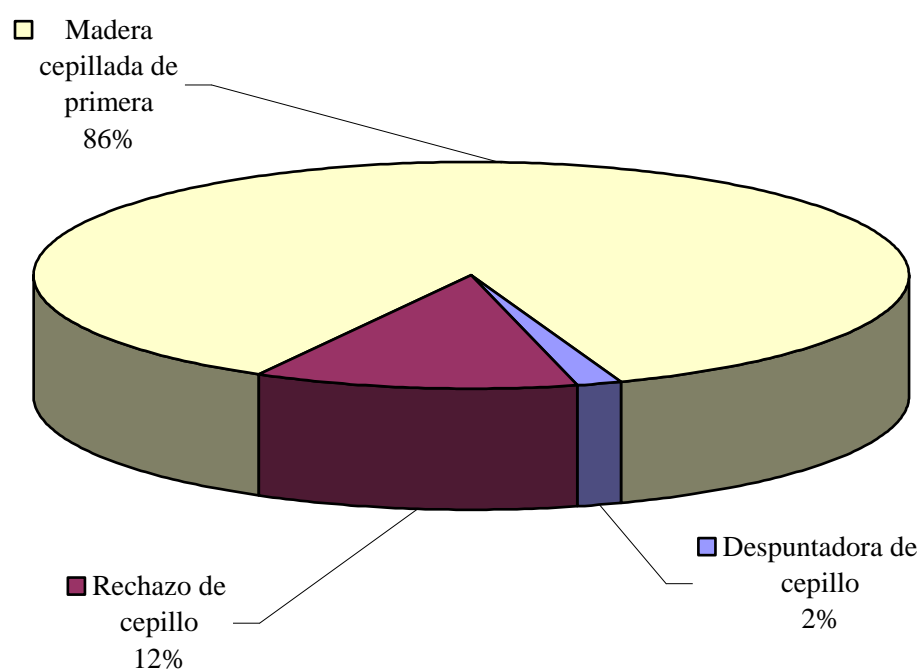
Como se muestra en la tabla anterior el 12.16% de la madera cepillada en el área de cepillo se rechaza debido a defectos que alteran la calidad de la pieza.

Tabla 5.10. Resumen de Porcentaje de madera útil para FJ respecto al ingreso diario de madera rústica al área cepillo

Variables	Porcentaje
Despuntadora de cepillo	1.61
Rechazo de cepillo	12
Total	13.61

En esta tabla se observa el porcentaje total de madera cepillada utilizable para el funcionamiento de la máquina de finger joint (13.61%), respecto a la madera rústica ingresada al área de cepillo.

Gráfica 5.2. Distribución media de la producción diaria de madera cepillada



En la gráfica anterior se observa que la madera que se rechaza ya cepillada junto con la leña de la despuntadora del área del cepillo suman un 13.61% de la producción diaria en el área de cepillo.

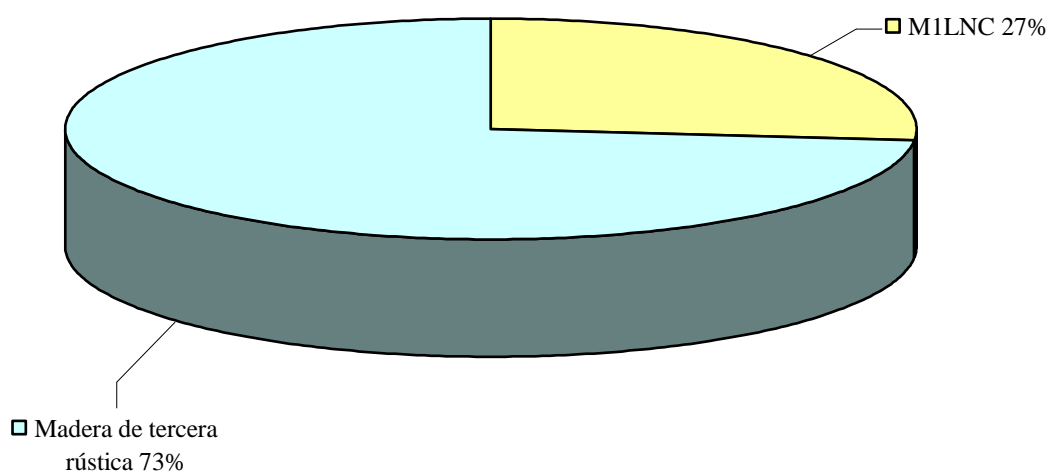
3. Madera en stock. La madera en stock la comprende toda la madera que ha sido acumulada en diferentes bodegas y que no ha sido vendida debido a su baja calidad, en el caso de la madera de tercera y rechazo de cepillo, o por su falta de medidas comerciales en el caso de MILNC.

Tabla 5.11. Resumen de madera en stock utilizable para finger joint

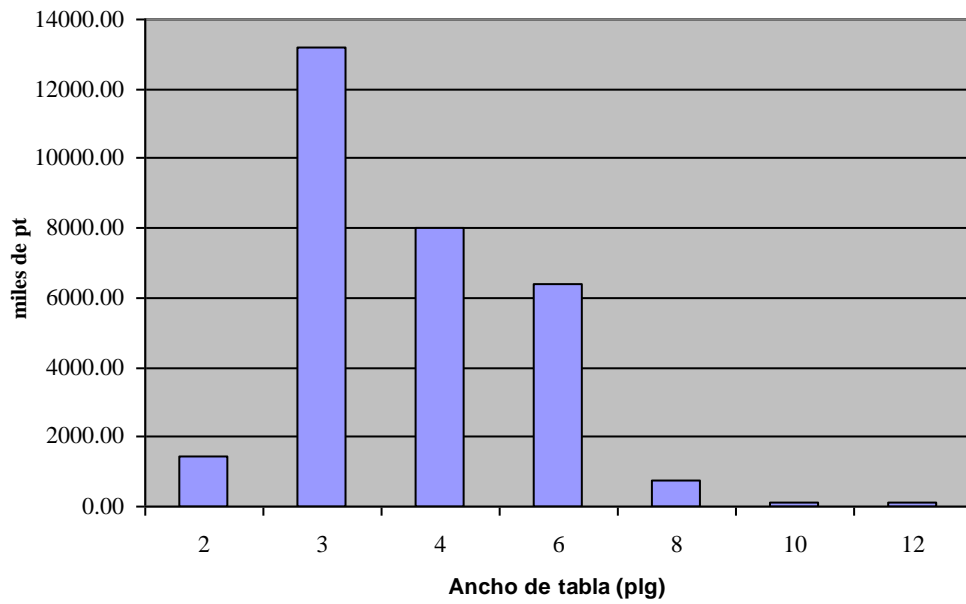
Stock	Pt totales	pt utilizables	Porcentaje utilizable
MILNC	30,034.83	30,034.83	100
Madera de tercera rústica	124,492.84	74,695.71	60
Madera de tercera S4S	14,060.83	8,436.50	60
Total	168,588.51	83,132.21	49.31

Como se puede ver en la tabla 5.11 (en la pagina anterior) la cantidad de madera de tercera es castigada en un 60% como se estableció en el estudio del porcentaje de utilización de madera de tercera. En el caso de MILNC se supone que por ser madera de primera se puede utilizar en un 100%. Es importante aclarar que esta madera habrá que cortarla con el objeto de obtener largos y anchos que pueda utilizar la maquinaria.

Gráfica 5.3. Madera en stock utilizable para finger joint

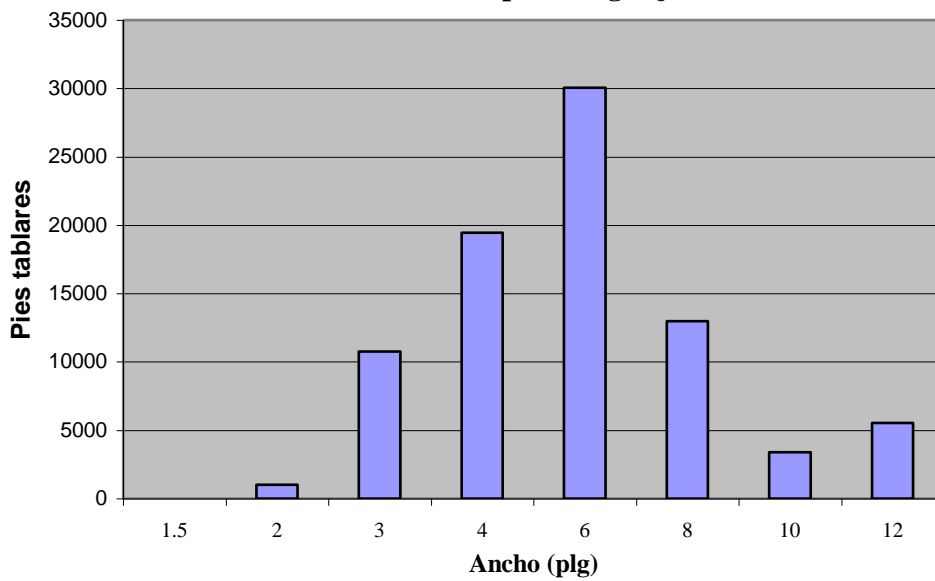


**Gráfica 5.4. Total de M1LNC en stock
utilizable para finger joint**

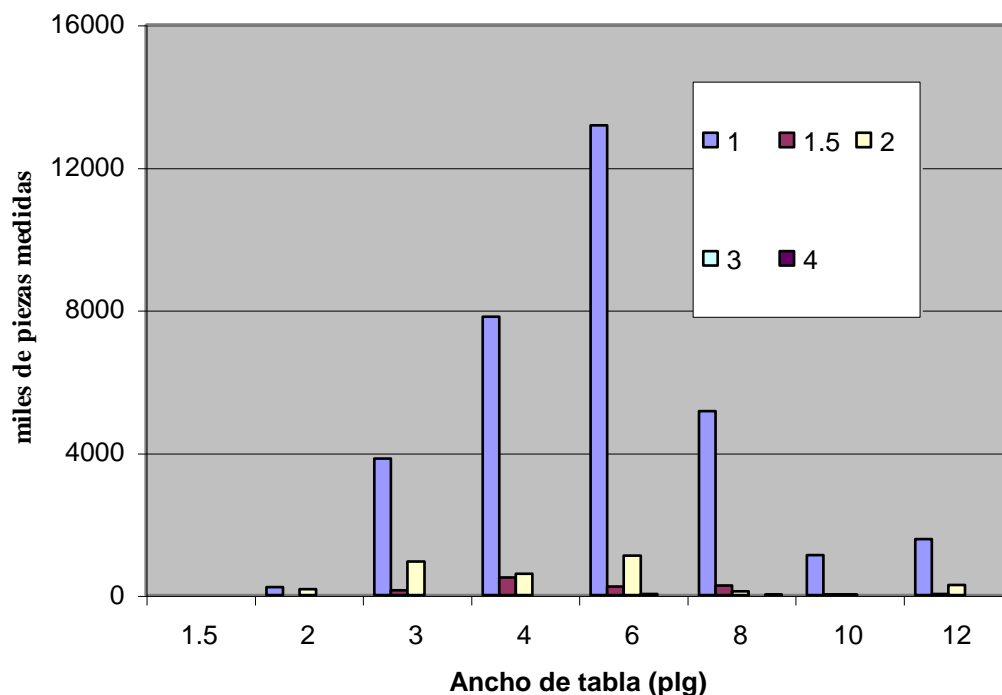


La distribución de los pies tablares, según los anchos de tabla, del stock de M1LNC y madera de tercera utilizable para finger joint se muestran en las gráficas 5.5 y 5.6 respectivamente:

**Gráfica 5.5. Distribución de Anchos de madera de tercera en
Stock utilizable para finger joint**



Gráfica 5.6. Distribución de la madera total medida en el estudio



C. Otras fuentes de madera para utilizar en finger joint

A parte de las descritas anteriormente se observaron otras fuentes que no se tomaron en cuenta para la producción diaria debido a que no tienen un patrón de producción o que tienen características que pueden hacer improductivo su uso en la máquina. Éstas fuentes son las siguientes:

1. Madera que va al área de recuperación
2. Área de molduras y cepillo
3. Cajón de desperdicios del área de cepillo y molduras
4. Cajón de desperdicios del área de carpintería

D. Caracterización del perfil de un día normal de producción

1. Perfil de un día de producción normal en aserradero dos. En la siguiente tabla se muestra la producción por semana y los pt de troza procesados diariamente durante los últimos meses del 2003. A partir de estos datos se calculó la producción del aserradero de un día normal de trabajo.

Tabla 5.12. Resultados para determinar un día de producción normal del aserradero dos respecto al volumen de troza (pt) ingresado a la sierra principal

Variable	Valor
Promedio Pt troza/día	13,219.05
Desv. Standard	1,853.99
Valor z	1.96
n	61
Intervalo de confianza	465.26

Según la tabla anterior se puede decir que en un día normal de producción se procesan $13,219.05 \pm 465.26$ pt de troza. Respecto a este número se hará la proyección global de la madera para finger joint producida diariamente en el área de Aserradero 2.

2. Perfil de un día de producción normal en el área de cepillo

Tabla 5.13 Perfil de día de producción normal en el área de cepillo

Variable	Cantidad
Media	3,375.91
Desv. Standard.	1,225.32
t	2.01
n	41.00
Intervalo +-	384.64

Según la tabla anterior se puede decir que en un día normal de producción se procesan 3375.91 ± 384.64 pt de madera rústica. Respecto a este número se hará la proyección global de la madera para finger joint producida diariamente en el área de cepillo.

Tabla 5.14. Resumen de días de producción normal diaria

Tipo de producción	Total de pt/día normal
Producción media aserradero	13,219.05
Producción media cepillo	3,375.91

E. Proyección de madera a utilizar en la maquinaria finger joint

Con los datos de perfil del día normal de producción para las áreas de cepillo y aserradero, así como los porcentajes relativos de las fuentes de madera para finger joint respecto a la producción diaria, se procedió a realizar un primera proyección de la madera que podría utilizar una maquina de finger joint a lo largo de un año de trabajo que incluya 12 meses y 20 días de trabajo por mes.

Esta proyección se hizo aplicando los porcentajes de fuentes diarias identificadas , calculados y explicados en los incisos 5.3 al 5.5, respecto al perfil de producción diaria normal de cada área.

Tabla 5.15. Madera producida diariamente que podría ser utilizada para finger joint

Entrada diaria	Porcentaje medio diario respecto a su área respectiva	pt diarios
Despuntadora de aserradero dos	1.42	187.05
Madera de tercera (aserradero dos)	8.37	664.00
M1LNC (aserradero dos)	2.95	389.58
Despuntadora de cepillo	1.61	54.35
Rechazo de cepillo	12.16	410.50
Total	---	1705.48

En esta tabla observar todos los porcentajes relativos de cada fuente respecto a la producción diaria de cada área, así como los pt esperados.

Tabla 5.16. Distribución de porcentajes, según el origen, respecto al total de la madera a utilizar para finger joint.

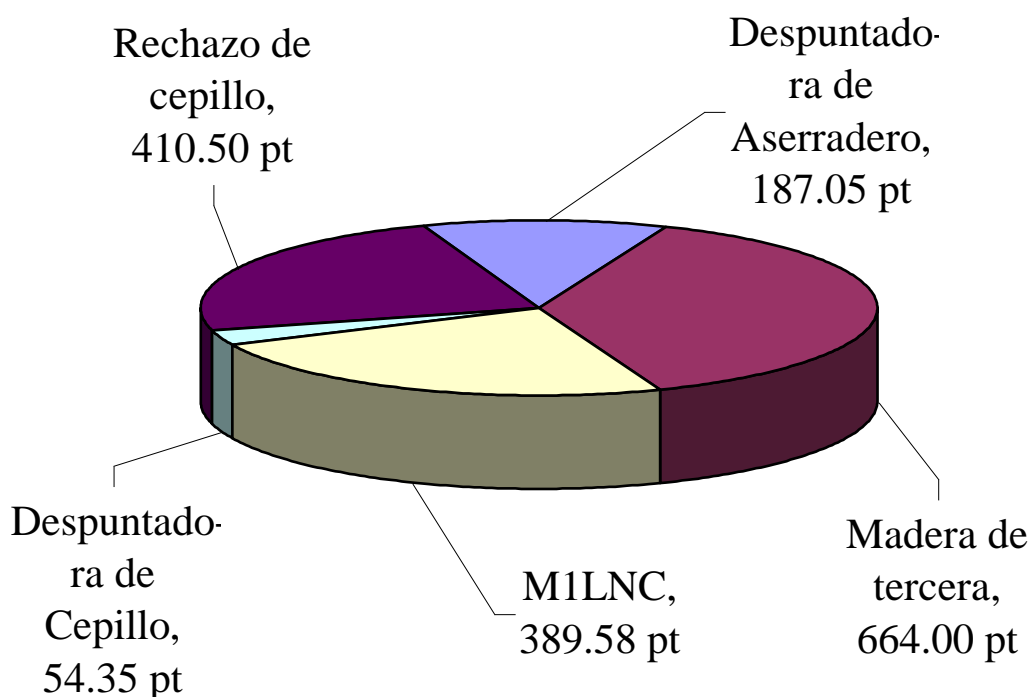
Entrada diaria	Porcentaje de madera utilizable
Despuntadora de aserradero	10.97
Madera de tercera	38.93
M1LNC	22.84
Despuntadora de cepillo	3.19
Rechazo de cepillo	24.07
Total	100.00

En la última columna se encuentra el porcentaje relativo al 100% de la madera utilizable para finger joint.

Tabla 5.17. Pt de producción mensual

Pt diarios	Días trabajados al mes	Pt al mes
1705.48	20	34109.60

Esta tabla muestra la cantidad de pt que pueden producirse en 20 días de trabajo al mes. Se utilizaron 20 días debido a que los sábados solo se trabaja media jornada. La cantidad de pt diarios es la calculada en este estudio.



F. Implementación de la maquinaria para producir finger joint

De acuerdo al estudio de producción diaria de madera para ser utilizada en finger joint y del conocimiento y experiencia del personal técnico del grupo Weinig, representado por TECNOMADERAS en Guatemala, se hizo la elección de una maquina que proporcionara un volumen de producción adecuada a la cantidad de materia prima que tiene disponible actualmente el aserradero. Asimismo esta elección tomó en cuenta un crecimiento a mediano plazo en la producción diaria de Lignum.

Tipo de máquina: línea finger joint tipo *Profijoint*, marca *Grecon*.

La *Profijoint* es una máquina compuesta de una fresadora con grupo encolador y una prensa. La función de la primera es realizar los dientes en las piezas de madera que se deseen unir. Una vez encolados, la prensa tiene la función de ensamblar dichas piezas para formar una sola de un largo mayor.

Tabla 5.18. Especificaciones en las medidas de piezas de madera aceptadas por la *Profijoint*

Dimensión		mm	≈ plg
Largo inicial	Mínimo	200	8
	Medio	500	20
	Máximo	700	28
Ancho	Mínimo	40	2
	Máximo	150	6
Espesor	Mínimo	20	1
	Máximo	50	2
Sección	Mínima	20*50	1*2
	Máxima	150*50	6*2
Largos finales	Máximo	6100	240.16
Ancho de mesa		533	21
Tamaño de dientes	----	10 - 11	

(Tecnomaderas, 2003)

En la tabla anterior se pueden observar las diferentes medidas, de piezas que pueden ser aceptadas por la máquina, dadas en milímetros (mm) y su equivalente en pulgadas debido a que en Guatemala se utiliza el sistema inglés para medir la madera.

Tabla 5.19. Otras características de producción de la *Profijoint*

Variables	Especificación
Tipo de madera a trabajar	Madera blanda y dura
Tipo de cola a trabajar	PVAC
Altura de trabajo	925-900 mm
Energía eléctrica	220V tensión de conexión 24V de tensión de mando

(Tecnomaderas, 2003).

1. Cálculo de capacidad de la maquinaria en el aserradero Lignum. Para calcular la capacidad de la maquinaria se utilizó la siguiente fórmula.

$$\text{Producción en metros lineales} = \text{Mesas} * \text{láminas} * \text{largo inicial} * \text{capacidad técnica} * \text{Turno}$$

En donde:

Mesas = número de mesas por minuto que la máquina pueda trabajar

Laminas = es el número de piezas que puedan ser colocadas en cada mesa

Largo inicial = es el promedio de largos que tengan las piezas en metros

Capacidad técnica = es el tiempo teórico en que la máquina está funcionando expresado en porcentaje. Este tiempo considera recesos y paros normales para revisar el funcionamiento esporádico de la maquinaria.

Turno = Es la cantidad de minutos que tenga el turno de trabajo

La producción variará según sea finger vertical u horizontal, ya que la mesa de trabajo es del mismo tamaño para las dos opciones pero el número de piezas por mesa es menor en el finger horizontal.

Tabla 5.20. Medidas para el cálculo de capacidad de máquina

Variables	plg
Espesor promedio de lamina en finger vertical	1.50
Espesor promedio de lamina para finger horizontal	6
Ancho de lámina	20
Laminas /mesa de finger vertical	13.33
Laminas /mesa de finger horizontal	3.33

Para hacer los cálculos de la tabla anterior fue necesario ingresar datos significativos respecto al espesor y largo promedio que se vaya a trabajar. En la tabla 5.20 se presentan los valores de ancho y espesor de todas las piezas medidas en este estudio. El espesor más común es el de 1plg seguido por 2 plg y 1.5 plg. Para establecer el número de láminas por mesa, en el caso del finger vertical, se estableció un promedio de 1.5plg dando así 13 laminas por mesa. En el caso del finger horizontal se utilizo un promedio (6 plg) entre 4, 6 y 8 plg debido a que son las medidas de ancho que mayor ocurrencia tienen. Para el dato de largo inicial de tabla a ingresar en la máquina se utilizo el dato promedio entre el máximo y mínimo requerido por la máquina.

A continuación se hace un cálculo teórico para la capacidad de producción de la maquinaria ya instalada en el aserradero Lignum S.A:

Tabla 5.21. Cálculo de capacidad de producción de fresadora Profijoint

Variable	Valor
mesas/min.	2.00
Laminas /mesa de finger vertical	13.33
Laminas /mesa de finger vertical	3.33
Largo inicial de piezas en metros	0.50
min./turno	480.00
(disponibilidad técnica)	0.80
Capacidad de producción de finger vertical en metros lineales	5,120.00
Capacidad de producción de finger horizontal en metros lineales	1,280.00

En la tabla 5.21 se puede observar que la capacidad de producción de finger vertical es mayor que la del finger horizontal debido a la mayor cantidad de láminas por mesa.

Tabla 5.22. Capacidad de prensa

Variable	Valor
ciclos de prensa/min.	3.00
m largo de prensa	6.10
min./turno	480.00
(disponibilidad técnica)	0.80
metros lineales/turno	7027.20

Tabla 5.23. Capacidad de producción de la empresa según esta proyección

Variable	Valor
Pies lineales por día	3410.00
metros lineales por día	1049.63
Porcentaje respecto a la máquina en finger vertical	20.49 %
Porcentaje respecto a la máquina en finger horizontal	81.97 %

En esta tabla se muestra cuánta materia prima tiene para trabajar diariamente el aserradero en finger joint. El número de metros lineales producidos diariamente para finger joint se calculó a partir del volumen en pies tablares para finger joint que se obtuvo en este estudio. Para hacer este cálculo se utilizaron las medidas más comunes encontradas en el estudio respecto al ancho y espesor de tabla que fueron 6 y 1plg respectivamente. Luego despejando la fórmula de volumen en pie tablar se obtienen los pies lineales promedio que representa los 1705.05 pt calculados.

$$Pt = (\text{Ancho} * \text{Espesor} * \text{Largo}) / 12$$

$$1705.48 \text{ pt} = (6\text{plg} * 1 \text{ plg} * \text{Largo}) / 12$$

de donde

$$\text{Largo} = 12 * (1705.48 * 6 * 1)$$

$$\text{Largo} = 3410 \text{ pies lineales} = 1049.23 \text{ metros lineales}$$

G. Costos en la implementación y funcionamiento de la profijoint

1. Valor de la maquinaria

Tabla 5.24. Valor de la maquinaria

Tipo de máquina	Valor en \$	Valor en Q
Profijoint	\$114,632,50	928,523.25

* A este precio hay que sumarle \$12,000 por máquina afiladora de fresas.

2. Proyección aproximada de costos/pie tablar producido por la máquina

Los rubros de costo fueron los siguientes: costo de luz, personal técnico, goma para prensado, gasto administrativo y costo de fresas nuevas por trimestre.

a. Costo de energía eléctrica

Tabla 5.25. Requerimientos de energía

Máquina	Potencia Kw.
Fresadora	27
Prensa	3
Total	30

Fuente: TECNOMADERAS

En la tabla se pueden observar los requerimientos de energía eléctrica en Kw. para cada una de las partes de la Profijoint

El Consumo de Kwh. al mes es el número de Kilovatios hora que consume la máquina en un tiempo de 30días y se calcula de la manera siguiente:

$$\text{Kwh./mes} = \text{factor de carga} * \text{horas/turno/mes} * \text{Disponibilidad técnica} * \text{Requerimiento de Energía}$$

En donde

- 1) Factor de Carga. Es el porcentaje de capacidad instalada al cual se recomienda trabajar una máquina para que este en su nivel de eficiencia más alto y es el equivalente al 80% (Rodolfo Morales, 2004).
- 2) Hora por turno. Es el número de horas que supuestamente va a trabajar una máquina. En este caso son 8 de acuerdo al horario de trabajo de la empresa.
- 3) Disponibilidad técnica. Es el porcentaje de tiempo que realmente está funcionando la máquina, es decir, quitando paros por razones técnicas, recesos, contratiempos etc.

Por lo tanto, en la tabla siguiente se calcula los Kwh./mes que serán consumidos por el funcionamiento de la Profijoint.

Tabla 5.26. Supuestos de consumo de energía

Supuestos	Cantidad
Factor de carga	0.80
Hora por turno	8
Turnos al mes	22
Disponibilidad Tec. ¹	0.85
Consumo Total KWh/mes	3590.40
Potencia solicitada (KW) ²	40 – 45

1. Grupo Weinig en Guatemala TECNOMADERAS.

2. Esta potencia es mayor a la requerida por la máquina debido a alguna penalización si se excede algún mes en la potencia utilizada. Esto fue recomendado por Claudia Marroquín de FENOSA.

Tabla 5.27. Costos totales de energía para la implementación de una máquina de finger joint

Costos de consumo de energía	Q	Q total/mes	Q/pt
Cargo fijo con IVA Q/mes	410.55	410.55	
Cargo por energía Q/kwh/mes	0.53	1902.91	
Potencia solicitada Q/Kw/mes	55.93	2516.85	
Potencia max. Q/Kw./mes	40.73	1832.85	
TOTAL		6663.16	≈ 0.20

En la tabla 5.27 se pueden observar los precios por unidad y en la tercera columna los precios totales mensuales. El cargo del IVA al mes es fijo indistintamente si se consume la energía o no. El cargo por Kwh. al mes se hace en base a los Kwh. solicitados. Existe una cuota por cada Kw solicitado, utilizando en este caso 45. Por último se establece una cuota para los Kw máximo promedio utilizado. En este último caso se estableció 35Kw promedio al mes en base a las recomendaciones de FENOSA, institución encargada de la distribución de energía eléctrica en El Progreso. Es importante mencionar que si el consumo de Kw se sobrepasa de la potencia solicitada existe una sanción económica hacia la empresa o persona solicitante de energía.

2. Costos de encolado para piezas de finger joint

Tabla 5.28. Propuesta de PVAc tipo 3 cotizado por Lucía Morales en AKZO NOBEL

Precio Q/Kg.	Precio \$/Kg.
20.50	2.50

*Cotizado por Ing. Lucía Morales en AKZO NOBEL

El tipo de pegamento cotizado es el que requiere la máquina para poder funcionar eficientemente, aunque según expertos del grupo Weinig puede encontrarse algún otro sustituto.

Tabla 5.29. Proyección mensual y por pt de finger joint

Tipo goma	Pt mensuales	Pt/ kg goma	Kg. goma/mes	Q/Kg. goma	Qt goma/mes	Q goma/pt
PVAc pres	34109.60	0.0048	163.73	20.50	3356.46	0.10

En la tabla anterior se puede observar el desglose del costo mensual del pegamento para ser utilizado en el funcionamiento de la Profijoint según la cantidad de pt mensuales producidos con la profijoint.

3. Costos de mano de obra

Tabla 5.30. Costo de personal por mes y por pt de finger joint

No. Empleados	Pt mensuales	Qt/empleado/mes	Q/empleado/pt
1	34109.60	1800.00	0.05
2	34109.60	3600.00	0.10

En esta tabla se observa el costo de la mano de obra calculado a partir del salario percibido por operadores de distintas máquinas del aserradero Lignum, S.A.

4. Costo de Fresas

Tabla 5.31. Costo de fresas mensual y por pt

Q/mes	Pies tablares/mes	Q/pt
9840	34109.60	0.29

FUENTE: Tecnomaderas

El costo de las fresa es un gasto que se realiza cada tres meses debido al constante desgaste de las mismas en el funcionamiento de la máquina. El costo del juego completo es de \$10, 916.00 \approx 88,414.89 (al Q8.10/\$1). Este valor fue dividido dentro de tres para poder tener así el valor de las fresas como un valor mensual fijo.

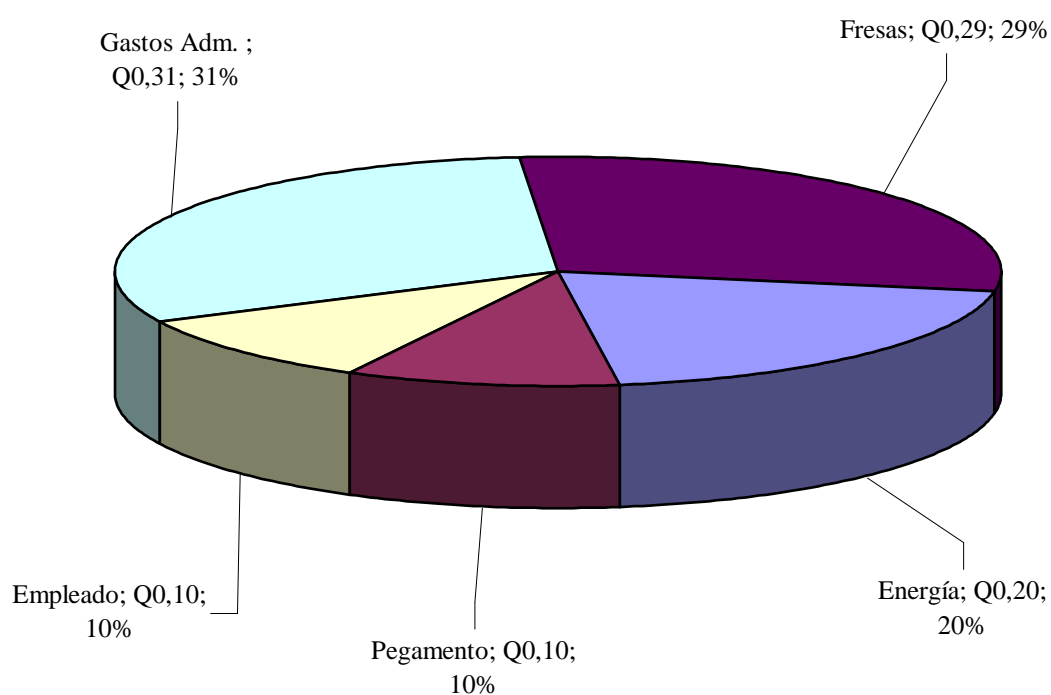
Tabla 5.32. Resumen de gastos totales

Rubro	Precio Q/pt	Porcentaje de costo/pt
Energía	0.20	20.04
Pegamento	0.10	9.83
Empleado	0.10	10.02
Gastos adm.	0.31	31.06
Fresas	0.29	29.05
Total	1.00	100,00

En esta tabla se resume los costos por pt de cada rubro considerado así como su porcentaje relativo al costo total. Esto quiere decir que Q1.00 por pie tablar es el costo de producción de la Profijoint. Este cálculo se hizo en función de producir 1,705.48 pt diarios y 34,109.60 pt al mes.

Como se puede observar se le agregó Q0.31 al costo por pie tablar suponiendo un gasto administrativo como transporte, gastos de oficina e imprevistos.

Gráfica 5.8. Distribución de costos de producción en Qtz/pt de finger joint



H. Proyección volumétrica en pt anuales de madera para utilizar en finger joint

Para hacer este tipo de proyección se utilizaron los datos de producción en un día normal para las áreas de aserradero y cepillo así como los valores en porcentaje de las diferentes fuentes de madera para finger joint.

Además se trabajó bajo los siguientes supuestos:

Tabla 5.33. Supuestos de proyección económica

Supuestos de proyección	Valor
Costo Quetzales/pt de finger joint	1.00
Venta Quetzales/pt de finger joint	5.00
Días trabajados/mes	20
Meses trabajados/año	12

En la tabla anterior se observa el costo por pie tablar calculado anteriormente. El precio de venta se estableció con los directivos del aserradero según a un precio menor al que venden regularmente la madera de primera.

Tabla 5.34. Proyección anual de ingresos sobre volumen de madera producida diariamente

Pt para fj/día	pt para fj /mes	pt para fj/año	Q ingreso/pt fj	Q/día	Q/mes	Q/año
1,705.48	34,109.62	375,205.86	4.00	6,821.92	136,438.50	1,500,823.45

En esta tabla se muestran los ingresos que pueden percibirse mensual y anualmente a partir de la cantidad estimada de pt de finger joint que puede producir la Profijoint en el aserradero. En el valor de Quetzales de ingreso por finger joint ya va descontado Q1.00 de precio de costo de producción, por lo que este valor sería la ganancia neta. En esta tabla no se incluyen los ingresos provenientes de la madera que está en stock.

Tabla 5.35. Proyección de ingresos fijos sobre volumen de madera en stock para finger joint

Madera para fj	pt en stock	% a utilizar	pt fj a utilizar	Q/pt fj	Total
M3 Rústica	124,492.84	50	62,246.42	4.00	248,985.68
M3 S4S	14,060.83	50	7,030.42	4.00	28,121.67
M1LNC	30,034.83	100	30,034.83	4.00	120,139.33
TOTALES	168,588.51		99,311.67		397,246.68

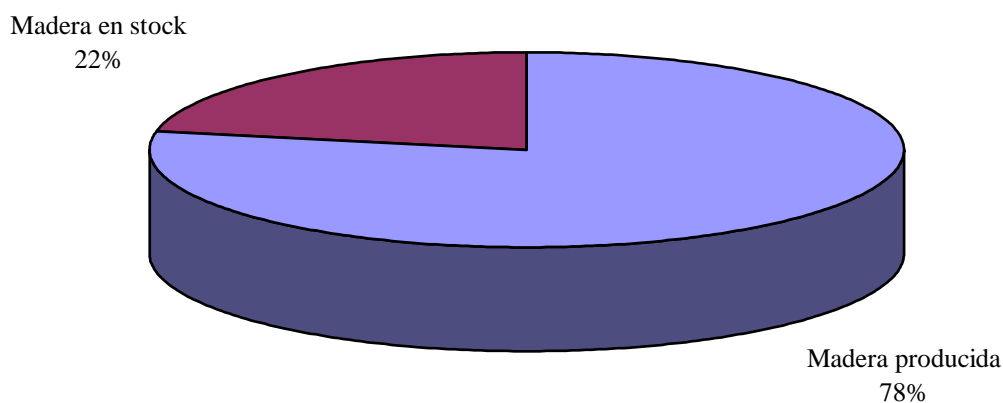
En la tabla 5.35. se observan los ingresos que puede percibirse al utilizar la madera en stock para realizar finger joint.

Tabla 5.36. Resumen de ingresos a recibir durante el primer año de producción de finger joint

Tipo de proyección	pt para fj/año	Q
Proyección 2004	375,205.86	1,500,823.45
Proyección Stock	99,311.67	397,246.68
Total	474,517.53	Q1,898,070.13

En esta tabla se pueden observar los ingresos esperados el primer año de producción de la Profijoint en el aserradero. Obviamente en los próximos años sólo sería válida la proyección para el año 2004 ya que no tendría por que haber stock de madera.

Gráfica 5.9. Distribución de la madera utilizable para finger joint en el primer año de producción



En la gráfica 5.9 se observa que la madera producida diariamente representa la principal fuente de alimentación de materia prima para el funcionamiento de la Finger Joint. El stock existente en estos momentos de madera de tercera y MILNC no debiera existir al iniciar el segundo año de trabajo de la máquina.

I. Análisis financiero

Haciendo un primer análisis financiero se calcularon los indicadores: Tasa Interna de Retorno (TIR) y Valor Actual Neto (VAN) de la inversión de la máquina. Es importante recalcar que éste es un primer cálculo y que puede variar al tomar otras cuestiones en cuenta.

Tabla 5.37. TIR y VAN de la inversión inicial en Q y en Dólares para Profijoint

Inversión inicial	No. de meses	Tasa de interés	TIR	VAN
Q -1031393.25	12	10.00%	0.46	Q302,719.73
Q -1031393.25	24	10.00%	1.14	Q1,430,310.60
\$ -127332.50	12	10.00%	0.46	\$373,72.81
\$ -127332.50	24	10.00%	1.14	\$176,581.56

* La inversión inicial comprende el valor de la máquina más \$12,000.00 del valor de la máquina afiladora de fresas.

Como se puede ver en la tabla 5.37 los valores de inversión inicial están en números negativos y se transforman en positivos (VAN) al paso de 12 y 24 meses debido al funcionamiento de la máquina.

VI. DISCUSION DE RESULTADOS

A. Selección de materia prima

En la determinación de las dimensiones así como el tipo de madera a utilizar en la implementación de la máquina finger joint en el aserradero Lignum influyeron las necesidades técnicas de la máquina y las perspectivas comerciales de la empresa respecto a la madera a producir. Como se puede observar en la Tabla 5.1 “Medidas de piezas de madera incluidas en este estudio”, el mínimo de espesor es 1 plg debido a que una medida menor no puede ser cepillada, ya que al pasar por el proceso de cepillo y secado disminuye su grosor en casi 2/8 de plg (Encargado de maquinaria, 2003). El máximo lo determinan las exigencias de la maquinaria.

El ancho mínimo a utilizar se fijó en 2 plg debido a que esta medida es la mínima comercial en la que esta interesada producir Lignum. A pesar de que la maquinaria no puede unir piezas mayores de 6 plg de ancho no se consideró un máximo ya que con una sierra de banco puede reducirse cualquier pieza a otra de un ancho menor establecido. Por ejemplo una tabla de 12 plg puede reducirse a dos de 6plg, tres de 4plg, o cualquier otra combinación que satisfaga las medidas exigidas por la maquinaria (ver Tabla 5.18. “Especificaciones en las medidas de piezas de madera aceptadas por la Profijoint”).

Esta misma situación se observa en los largos de las piezas a utilizar, ya que la máquina exige un máximo de 40plg en donde largos mayores pueden reducirse fácilmente con una sierra de banco. Este es el caso de la madera de tercera, M1LNC y madera rechazada de primera.

Se utilizó la especie de *Pinus* spp. ya que ésta es la especie de interés especial de la empresa. Es importante recalcar que los datos obtenidos en este estudio para esta especie van a servir como una muestra en la utilización de los diámetros menores especialmente los provenientes del raleo de las plantaciones de Pinfor en los años venideros. Esto se refiere a que los raleos se hacen cuando las plantaciones tiene de 6 a 15 años por lo que los diámetros no alcanzan las 15 plg en algunos casos y si así fuera los largos que se obtienen no llegan a ser comerciales, o sea, menores de 8 pies lo cual hace que la utilización de esta madera en los aserraderos no sea rentable. Además este estudio ayuda a visualizar la utilización de madera con defectos (que no incluyan ocote, pudrición y ataque de insectos) propios de la madera para fabricar piezas de primera calidad que tienen un mayor valor agregado (Manchen, 1997).

La selección de las fuentes se hizo según la producción diaria, es decir, madera que se es producida todos los días y no de manera esporádica u ocasional. Además se escogió a la madera de tercera, M1LNC, la leña de la despuntadora y la madera cepillada rechazada ya que poseen secciones comerciales así como defectos que pueden ser saneados. No se tomó en cuenta la madera con signos de pudrición y/o con daños ocasionados por insectos fitófagos, ya que son defectos que no pueden ser eliminados.

Dentro del aserradero existe un área de recuperación en donde la madera con defectos puede ser saneada por medio de sierras de banco, de las cuales se puede obtener piezas dimensionadas que se utilizarían en la fabricación de madera tipo finger joint. Estos defectos incluyen principalmente madera con nudos, con corteza, zonas ocotosas, piezas rajadas así como también madera de primera de largos no comerciales MILNC.

Toda la madera de las fuentes seleccionadas se utiliza actualmente como materia prima para la elaboración de distintos productos que tienen una demanda muy oscilante y/o con un valor comercial bajo, es decir, que se venden esporádicamente y muchas con un precio bajo. Entre estos productos se encuentran: estacas para mercado nacional o internacional o cajas de tomate, que no exigen madera de primera para su elaboración. Otro producto que se vende a un bajo costo son los pedazos de madera dimensionada que se produce a partir del funcionamiento de las despuntadoras que son vendidos como leña.

La madera que se utiliza en estos productos ha pasado varios procesos de transformación que incluyen desde el aserrío hasta procesos como secado, cepillado e incluso impregnado. Todo esto representa una pérdida a la empresa que puede deberse a diferentes causas tales como mala materia prima (troza) en el caso de la madera de tercera o a la selección de madera aserrada para los procesos de secado, cepillado y moldurado.

Es aquí en donde juega un papel importante el finger joint como alternativa para utilizar efectivamente los “desperdicios” y madera de baja calidad para generar un producto con alto valor agregado.

Dentro de las fuentes que no se tomaron en cuenta, pero que pueden contribuir esporádicamente con materia prima para finger están el área de molduras y las bodegas de madera impregnada de largos no comerciales y de rechazo. En el área de molduras se produce machihembre y celosía. Esta última posee dimensiones muy pequeñas que no pueden ser utilizadas en la máquina. En la mayoría de los días en que se tomó la muestra de esta área se trabajó celosía y en menor grado machihembre. Este machihembre produce al igual que el área de cepillo, leña a partir del saneamiento de madera y también rechazo de madera moldurada y cepillada, pero debido a que no se pudo observar un patrón de producción diaria no se tomó en cuenta en la cuantificación de este estudio con el objeto de tener valores reales y conservadores.

Otra de las fuentes que no se tomó en cuenta, a pesar de que puede utilizarse la madera, es el rechazo de madera ya impregnada. La razón por la cual no se tomó en cuenta es debido a que las sustancias con que se impregna la madera tienen propiedades corrosivas que puedan desgastar más rápidamente las fresas de la máquina de finger joint, pudiendo hacer a mediano y/o largo plazo improductivo el uso de esta madera.

B. Proyecciones de producción

La proyección anual de producción de madera de finger joint se hizo en base al perfil de un día normal de producción de las dos áreas que pueden ser proveedoras de materia prima (aserradero dos y área de cepillo). Los resultados obtenidos buscaron ser, hasta cierto punto, conservadores. Es decir, que representaran datos tendientes al mínimo de materia prima para finger joint que se puede obtener. Esto implica que la cantidad de madera calculada en este estudio puede ser mayor en la realidad a la hora de cuantificar cada día del año a cada fuente de materia prima. Es importante hacer ver que este estudio es válido para este momento de producción del aserradero y que si el mismo expande o disminuye sus procesos de producción la cantidad de materia prima para el finger joint variará.

El objetivo de realizar el perfil de un día normal de producción es poder extrapolar a un tiempo determinado (semana, mes, semestre o año) los porcentajes relativos de cada fuente de madera para finger joint según un día normal de trabajo. El intervalo de confianza indica como pueden variar normalmente la producción diaria de trabajo así como de madera utilizable para finger joint.

Para que los datos fueran significativos de lo trabajado a lo largo de un año se tomaron en cuenta los registros de la empresa que tenían datos de producción de las dos áreas de interés. Obviamente no todos los días se trabaja la misma cantidad de troza por lo que para este estudio se excluyeron los registros de producción que tenían valores extremos de producción y que no representaban a la mayoría de los días trabajados durante el año. Por ejemplo existieron días en que se trabajaron casi 20000 pt de troza. Si este número se tomara en cuenta haría que la media se sesgara hacia un valor alto de producción lo que daría un dato con una desviación grande y por lo tanto un intervalo de confianza de gran amplitud menos preciso. El mismo caso sería si se considerara un día de producción con 4000 pt de troza.

Debido a lo anteriormente expuesto, el estudio no se basó en el valor absoluto de las cantidades de pt de cada fuente de madera para finger joint sino en su porcentaje relativo a la madera ingresada a cada área. Esto quiere decir, que se obtuvieron resultados que pueden ser fácilmente extrapolados a cualquier día de producción para obtener una aproximación de cuánta madera se podría utilizar para finger joint conociendo la cantidad de madera en troza y de madera rústica que ingresa al aserradero y al cepillo respectivamente en un día dado.

Es importante que sea un perfil diferente para el área de cepillo y de aserradero ya que la producción de una es independiente de la otra. Las dos dependen de los pedidos que existan pero de materia prima diferente. El aserradero depende de la troza disponible o planificada para ese día. En cambio, el área de cepillo procesa madera que sale de los hornos.

Se utilizaron los registros de Octubre, noviembre, diciembre del 2003 y parte de enero del 2004 debido a que en base a estos meses se realizaron las proyecciones de madera de tercera y rechazo de cepillo. Además se tomó como suposición que durante estos últimos meses los sistemas de producción y clasificación de la madera han sido los mismos ya que en base a entrevistas personales con trabajadores de la empresa, expresaron que a lo largo del año se han ido desarrollando cambios en la forma de contabilizar y clasificar la madera.

En el caso de madera de tercera y madera cepillada rechazada se observó que la madera a utilizar en cada pieza no representa el volumen total de la misma debido a que poseen defectos que tienen que ser saneados. Es por esto que se realizó un muestreo estadístico para determinar el porcentaje promedio de volumen útil para finger joint, utilizando piezas de diferentes anchos. Este muestreo se basó en los anchos suponiendo que es la dimensión que se relaciona más estrechamente con la ocurrencia de los defectos (Vignote y Jimenez, 1996). Como se observó en los resultados, existe un porcentaje de aprovechamiento que va desde el 60 hasta el 75%, aumentado en medida que el ancho de tabla sea menor. Con el objetivo de practicidad y de obtener datos conservadores se calculó la cantidad de madera de tercera y cepillada rechazada que se va a utilizar para finger en base a un 60% de aprovechamiento.

A pesar de que la cantidad de madera para finger proveniente de las despuntadoras, que actualmente es vendida como leña, es pequeña no le resta importancia en la utilización de la máquina de finger joint, debido a que son piezas pequeñas que pueden compensar fácilmente largos deseados sin necesidad de sacrificar piezas grandes para producir piezas pequeñas. Es decir, si se quiere una pieza con un largo de 8 pies y se tiene a partir del finger una de 7 pies, es más fácil y económico utilizar los pedazos de madera de las despuntadoras para compensar el 1 pie faltante que cortar una pieza de MILNC, madera de tercera o madera cepillada rechazada.

De acuerdo a la suma de de cada fuente de madera para finger se estableció 1705.48pt diarios de madera utilizable. Todo este volumen está disperso en diferentes secciones de espesor y ancho que dependen del tipo de pedido que se haya trabajado cada día en cada área. Es decir, este volumen tendrá las dimensiones de la madera aserrada producida. Según lo observado la sección con más incidencia es de 1 plg y con anchos variables de 4 a 8 pulgadas (ver Gráfica 5.6 Distribución de madera de utilizable para finger joint). Los largos son muy variables, pero no tienen mayor importancia debido a que de todas maneras serán reducidos, en el caso de madera de tercera, rechazada y de largos comerciales, para su utilización en finger joint.

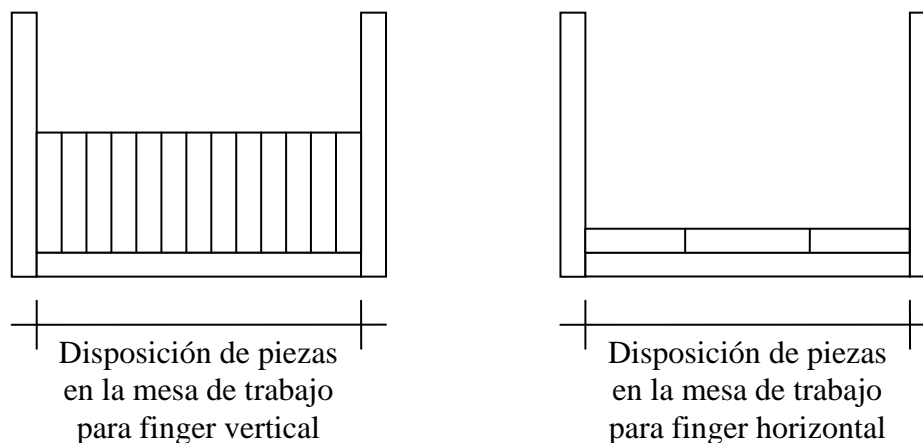
C. Determinación de la maquinaria adecuada

Uno de los objetivos del trabajo fue la determinación de la máquina más adecuada en base a la materia prima producida por el aserradero. Para determinar la capacidad fue necesario utilizar datos significativos de espesor y largo en el caso del finger tipo vertical. Para determinar estos datos se utilizó una media ponderada, de los diferentes espesores de tabla observados en el estudio. Se utilizó un largo promedio de 50cm por pieza ingresada al finger joint pensando en que las principales fuentes de madera son piezas largas que hay que recortar.

Para el caso del finger joint horizontal se tomaron como base piezas de 6 plg de ancho por ser las de mayor ocurrencia en el estudio y un largo de 50cm al igual que el finger vertical (ver gráfica 5.6 Distribución de madera de utilizable para finger joint).

Como se puede observar en los resultados, la máquina posee una capacidad mayor para finger vertical que horizontal debido al número de piezas que pueden ingresarse en la mesa de cada máquina. Es decir, en el finger vertical pueden colocarse más piezas al estar alineadas por su espesor, en cambio en el horizontal las piezas están alienadas por su ancho (.Ver figura 6.1).

Figura 6.1. Disposición de piezas en la mesa de trabajo de la Profijoint (vista frontal)



Es importante observar que los resultados de capacidad están en pies lineales, los cuales pueden estar distribuidos en piezas de diferentes espesores y anchos.

Según los resultados de producción del aserradero se determinó que la máquina tipo Profijoint, marca Grecon del Grupo Weinig, era una buena opción debido a que a pesar de que en el finger vertical no se usa al máximo la capacidad de la máquina, en el finger horizontal se utilizaría sobre el 80%. Esto le permite al empresario poder producir productos en las dos líneas del finger, y siendo el vertical el más utilizado poder ampliar en un futuro inmediato la producción en esta línea.

La selección de la maquinaria se hizo de acuerdo a los intereses de las partes involucradas en este estudio, Tecnomaderas y Lignum. Estas dos empresas tienen una relación comercial cliente – proveedor con un historial satisfactorio de trabajo en conjunto. En el caso de la máquina de finger joint, el presente estudio busca seleccionar el mejor modelo de la marca Grecon (marca que representa Tecnomaderas en Guatemala) que se adapte a las condiciones de producción de Lignum.

En la entrega de los resultados preliminares a los dueños del aserradero se planteó nuevas alternativas de máquina, descartando máquinas más grandes debido a que la capacidad de producción del aserradero en este momento era muy pequeña comparada con la eficiencia y el precio de máquinas finger joint mayores a la Profijoint. A pesar de esto se consideraron ampliaciones a la Profijoint para incrementar su producción a un costo menor que se presenta en el Apéndice 2.

D. Proyección financiera

El objetivo de realizar una proyección financiera basada en indicadores como la tasa interna de retorno y el valor actual neto es proporcionar un instrumento por medio del cual se determine la rentabilidad de la utilización de la profijoint en el aserradero a un tiempo determinado de acuerdo a la capacidad calculada en este estudio.

Para realizar esta proyección, fue necesario calcular los costos de producción por pie tablar de la máquina. Es importante mencionar que a pesar de que la capacidad se mide en base a pies lineales de producción, la rentabilidad debe determinarse a partir de pies tablares, debido a que con esta medida se comercializa la madera.

Los costos que se calcularon fueron basados en datos obtenidos directamente de los distribuidores de los diferentes insumos necesarios para producir finger ,tales como el pegamento, la energía y la mano de obra, con el objetivo de presentar valores reales.

El precio de venta por pie tablar (Q5.00) con el cual se hizo la proyección financiera fue una primera propuesta para vender este tipo de madera que actualmente no es comercializada y conocida. Es por esto que el precio de venta es menor al de una pieza de madera sin finger joint que podría ser hasta de Q7.00 ya impregnada.

Dependiendo del mercadeo que se le a los productos de finger, se podría pensar que en un mediano plazo de dos años podrían venderse al mismo precio que la madera de primera e incluso a uno mayor obedeciendo a las ventajas de tener madera recta, sin defectos y mayores longitudes.

Según el valor de TIR, 46% para el primer año, nos hace ver que el regreso de la inversión es acelerado y que supera la tasa que ofrecen otras actividades económicas tales como la inversión en bonos o cuentas a plazo fijo. En este punto hay que observar que no cualquier inversionista puede ingresar en este proyecto debido que para una de estas máquinas y obtener sus beneficios hay que tener un aserradero que produzca “residuos de madera” que puedan ser utilizados.

El hecho de que la TIR resulte positiva nos indica que la inversión se recuperaría en el primer año de funcionamiento de la Profijoint.

El Valor Actual Neto nos indica el valor que tiene el proyecto en algún momento determinado, es decir el valor al cual podría ser vendido a otra persona o empresa.

En este caso el VAN solo representa el valor que tienen el funcionamiento de la máquina pero no es así respecto al valor total del proyecto debido a que depende del funcionamiento y producción de materia prima del aserradero principal.

Según la tabla 5.38 “TIR y VAN de la inversión inicial en Q y en Dólares para Profijoint” se puede observar que los dos valores financieros son casi duplicados el segundo año de funcionamiento de la Profijoint . Estos datos no incluyen madera que está en stock ya que de haberse tomado en cuenta elevaría los valores de TIR y VAN para el primer año pero disminuirían al segundo suponiendo que al año de comprar la máquina no tienen stock.

En el Apéndice 2 se representan la TIR y el VAN para las ampliaciones de la Profijoint en donde se observa que estos dos valores anteriores son menores que los calculados para la implementación de una Profijoint normal. Esto es debido a que el precio de adquisición es mayor para las ampliaciones pero la producción sigue siendo la misma. Aparentemente esto es contraproducente si se piensa que el aserradero no crecerá en un mediano plazo y que las fuentes de materia prima de finger siempre serán las mismas y producirán lo mismo. En cambio si el proyecto de implementar una máquina finger joint es producir tableros u otros productos con demanda que no ofrece el mercado nacional, así como la expansión del aserradero principal se debe considerar la compra de una máquina con mayor capacidad de producción. Los indicadores financieros crecerían proporcionalmente a la producción de madera comercial tipo finger joint.

VII. CONCLUSIONES

- Las áreas identificadas como fuentes de materia prima para la implementación de un proceso de finger joint son: el área de aserradero y la de cepillo.
- La cantidad promedio de materia prima disponible diariamente para finger joint es de 1705.48 pt.
- La máquina de finger joint que se adecua más a las necesidades e insumos de materia prima del aserradero es el modelo Profijoint de la marca Grecon.
- Según el valor de la Tasa Interna de Retorno, la inversión inicial para la implementación la Profijoint normal es recuperada en el primer año de funcionamiento de dicha máquina.
- De acuerdo al Valor Actual Neto (VAN) se observa que la implementación de una máquina de finger joint es un proyecto rentable que puede valer en el segundo año de funcionamiento el doble de la inversión inicial.

VIII. RECOMENDACIONES

De acuerdo al estudio realizado se hacen puntualmente las siguientes recomendaciones:

- Revisar de una manera inmediata el futuro de la producción del aserradero a un mediano plazo, con el objetivo de identificar si es factible la compra de una máquina de mayor capacidad.
- Se debe de implementar el proceso de fabricar finger joint lo más pronto posible, ya que toda la materia prima esta siendo utilizada en estos momentos en actividades y productos de bajo valor agregado en comparación con los productos finales del finger.
- En el área de cepillo debe revisarse que toda la madera cepillada rechazada se incluya en los rendimientos diarios, ya que es un indicador de desempeño del área de cepillo que no se ha tomado en cuenta en los registros actuales.
- De implementarse el proceso de finger joint en el aserradero Lignum, se debe capacitar a los trabajadores del área de recuperación para producir piezas aptas para la máquina y que esto sea una prioridad en esta área.
- El estudio de factibilidad debe revisarse al momento de poner en funcionamiento la máquina, con el objetivo de obtener valores reales basados en la experiencia.
- Las instituciones encargadas de fiscalizar la industria de la madera en Guatemala deberían tomar en cuenta el presente estudio y fomentar otros similares para promover la implementación de nueva tecnología para el uso eficiente de la madera no comercial y de los desechos del proceso de aserrío.

IX. BIBLIOGRAFIA

- Anderson, D. J, Sweene. T. Williams. 1999. Estadística para Administración y economía. Thompson Editores. 7ª edición. México D.F. 907pp.
- Cochran. 1974. Técnicas de muestreo. Compañía editorial Continental S.A. 4ª ed. México D.F. 497pp.
- Eby, R.E. 1968: Structural finger-jointing criteria and performance. Journal of the Structural Division ST3: 657-669.
- Egner, K.; Dorn, H. 1962: Untersuchungen von geleimten tragenden Holzteilen nach längerer Gebrauchsdauer. Berichte aus der Bauforschung, Heft 25, W. Ernst u Sohn.
- Ehlbeck, J.; Colling, F.; Görlacher, R. 1985b: Einfluß keilgezinkter Lamellen auf die Biegefestigkeit von Brettschichtholzträgern. Teil 2: Eingangsdaten für das Rechenmodell. Holz als roh- und Werkstoff 43: 369-373.
- Entrevista con el Ing. Rodolfo Morales, 2004.
- Entrevista con Msc. Axel Gómez.
- Entrevista con personal de la empresa LIGNUM S.A.
- Experiencia laboral INTERFOREST. Departamento de Planificación y Desarrollo. 2002.
- INAB. 2001. Curso Cubicación de madera.
- INAB. 2001. Estadísticas 2001. Boletín informativo.
- INAB. 2001. Glosario forestal. Boletín informativo.
- INAB. Guía Práctica para la cubicación de madera.
- Inversiones y Desarrollo de Centroamérica, S.A. IDC. 1999. Cluster Forestal. Ciudad de Guatemala. 56pp.
- J. Ehlbeck, F. Colling und J. Wenz. 1989. Prüfung der Tragfähigkeit von Keilzinkenverbindungen der Lamellen für Brettschichtholz. Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine Abt. Ingenieurholzbau. Universität Fridericiana Karlsruhe. 44pp.

- Johansson, C.-J. 1983: Hallfasthet hos fingerskarvat virke till limträ: Bestämning av böj – och draghallfesthet hos fingerskarvade limträlamellar. Teknisk Rapport, Sp – rapp 10, Borås, Statens Provingsanstalt.
- Johansson, C.-J. 1986: Hallfasthet hos fingerskarvat virke till limträ: Fingerskarvade Hóghallfasta limträlamellar. Teknisk Rapport, Sp – rapp 09, Borås, Statens Provingsanstalt.
- Larsen, H. J. 1980: Strength of finger joints. Institute of Building Technology and Structural Engineering, Aalborg, Danmark.
- Madsen, B.; Littleford, T.W. 1962: Finger joints for structural usage. Forest Products Journal 2: 68-73.
- MAGA. 1998. Diagnóstico de la Industria Forestal Región II, Las Verapaces, Ciudad Guatemala. 46pp.
- Memorias del V Congreso Forestal Nacional. 1999. La competitividad del Sector Forestal en Guatemala. Ponencia “Competitividad de la industria del Aserrío en Guatemala”. Ciudad de Guatemala. 255pp.
- Moody, R.C. 1970: Tensile strength of finger joints in pith – associated and non – pith – associated southern – pine 2 by 6's. USDA Forest Service, FPL 138, Madison, Wisc.
- Munchen, P., et al. 1997. Holzban Handbuch Reihe 4 Teil 2 Folge 1. Arbeitsgemeinschaft Holtz e.V, Düsseldorf. 16 siten.
- Panshin, A. E, Harrar. J, Bethel. W, Baker. 1962. Forest Products. Mc-Graw Hill. 2ª edición. United States of America. 538pp.
- Pellicane, P.J.; Statfill-Mcmillan, K.; Tichy, R.J. 1987: Effects of knots near the fingers of finger-jointed dimension lumber. Forest Products Journal 35 (5): 13-16.
- Revista Vetas. 2004. Tecnología del Finger Joint. Pag 30-36
- Romero, M.A. 1991. Estudio de Costos y rendimientos de la Industria del Aserrío en Bolivia.
- Selbo, M.L. 1963: Effect of geometry on the tensile strenght of finger joints. Forest Products Journal 13 (9): 390-400.
- Strickler, M.D. 1980: Finger-jointed dimension lumber – past, present and future. Forest Products Journal 30 (9): 51-56.
- UVG. 2001. Curso Tecnología de la madera. Ing. Escobar
- Vignote, S. F, Jiménez. 1996. Tecnología de la Madera. Ministerio de agricultura pesca y alimentación. España. 602pp.
- Weimer, R. 1999. Estadística. CECSA. 2ª. Ed. México D.F. 839pp.



Figura 9.1. Nudos en madera de tercera



Figura 9.2. Madera de tercera con rajaduras



Figura 9.3. Secciones nudosas de madera de tercera



Figura 9.4 Madera ocotosa – no útil para finger joint



Figura 9.5. Nudos en madera cepillada rechazada

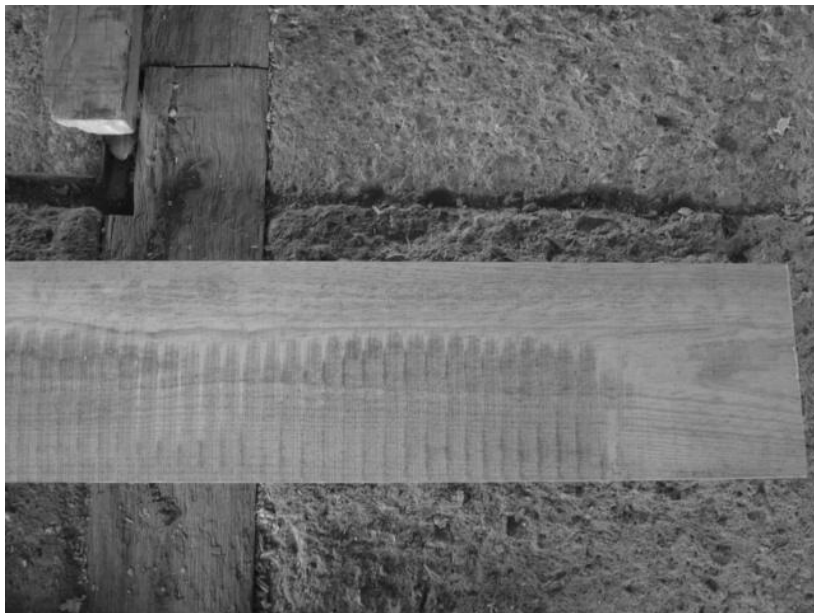


Figura 9.6. Daños por mal cepillado en madera rechazada del área de cepillo



Figura 9.7 Leña de despuntadora del área de cepillo - útil para finger joint



Figura 9.8. Madera en el área de recuperación para fabricación de estacas y cajas de tomate.



Figura 910. “Leña” proveniente de la despuntadora del aserradero No. 2 - útil para finger joint



Figura 9.11. Leña de despuntadora del área de cepillo y molduras - útil para finger joint



Figura 9.12 Madera rechazada del área de cepillo



Figura 9.13. Vista panorámica uno de la bodega de almacenamiento de Madera de Primera de Largos No Comerciales MILNC



Figura 9.14. Vista panorámica de la bodega de Madera de Primera de Largos No Comerciales MILNC



Figura 9.15. Vista Panorámica del stock de madera de tercera



Figura 9.16. Cajas de tomate elaboradas con madera proveniente del área de recuperación

APÉNDICE 2

Comparación de diferentes opciones de ampliación de una maquina finger Joint

A. Comparación de capacidad de producción para las diferentes ampliaciones de profijoint

Capacidad (en metros lineales)				
Tipo Finger	Fresado	Prensa	Transferencia	Costo \$
Profijoint normal				
Vertical	5,376.00	7,027.22	0.00	127,332.50
Horizontal	1,152.45	7,027.22	0.00	
Profijoint con prensa de alta capacidad				
Vertical	5,376.00	9,369.6	11,520.00	157,999.60
Horizontal	1,152.45	9,369.6	11,520.00	
Profijoint con doble fresa				
Vertical	14,688.00	9,369.6	11,520.00	222,409.00
Horizontal	3,264.00	9,369.6	11,520.00	

Supuestos para realizar calculo de capacidad:

- 480 minutos/turno
- 0.5 metros de largo de pieza
- 0.85 disponibilidad técnica
- 18 mesas para finger vertical
- 4 mesas para finger horizontal

B. Comparación de indicadores financieros por tipo de ampliación de Profijoint

Indicador financiero	Normal	Con unidad de transferencia	Con doble fresadora
Primer año			
TIR	45.51%	17.27%	-16.69%
VAN Qtz	302,719.73	76,898.36	-397,389.04
VAN \$	37,372.81	9,493.62	-49,060.38
Segundo año			
TIR	113.63%	81.78%	41.98%
VAN Qtz	1,430,310.60	1,204,489.22	730,201.82
VAN \$	176,581.56	148,702.37	90,148.37

* Estos valores están basados en la producción y el costo por pie tablar calculado en el estudio.

Control diario

Fecha _____

Anotador _____

Dato	pt/día	encargado
pt de troza trabajada		
pt de madera 1ra		
pt de madera 3ra		
pt de entrada cepillo		
pt de madera cepillada		
pt de rechazo de cepillo		

Fecha _____

Anotador _____

Dato	pt/día	encargado
pt de troza trabajada		
pt de madera 1ra		
pt de madera 3ra		
pt de entrada cepillo		
pt de madera cepillada		
pt de rechazo de cepillo		

Fecha _____

Anotador _____

Dato	pt/día	encargado
pt de troza trabajada		
pt de madera 1ra		
pt de madera 3ra		
pt de entrada cepillo		
pt de madera cepillada		
pt de rechazo de cepillo		

APÉNDICE 4

Hoja para toma de datos de cortos utilizables para fj

Fecha _____

Lugar de toma de datos _____

Anotador _____

No.	Medida (plg*plg*plg)	Castigo	Observaciones
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			

APÉNDICE 5

Hoja para toma de dato de largos utilizables para fj.

Fecha _____

Lugar de toma de datos _____

Anotador _____

No.	Medida (plg*plg*pies)	Castigo	Observaciones
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			

