

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



Excellencia que trasciende

***“DIAGNÓSTICO DEL SECADO INDUSTRIAL DE
MADERA EN GUATEMALA”***

Alejandra Hernández Guzmán

**Guatemala
2001**

***“DIAGNÓSTICO DEL SECADO INDUSTRIAL DE
MADERA EN GUATEMALA”***

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

***“DIAGNÓSTICO DEL SECADO INDUSTRIAL DE
MADERA EN GUATEMALA”***

**BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

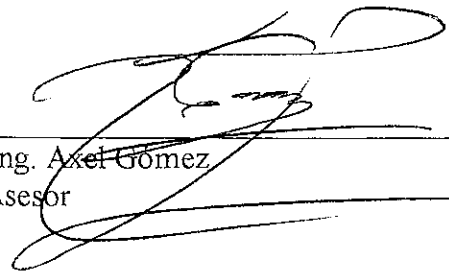
Trabajo de investigación presentado para optar al Grado
académico de Licenciatura en Ingeniería Forestal

Alejandra Hernández Guzmán

**Guatemala
2001**

Vo. Bo.:

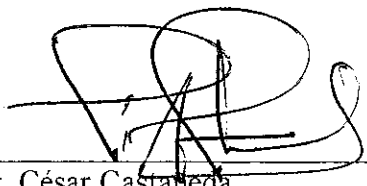
F)



Ing. Axel Gómez
Asesor

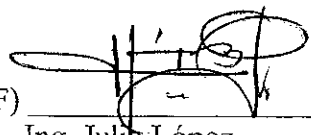
Tribunal:

F)



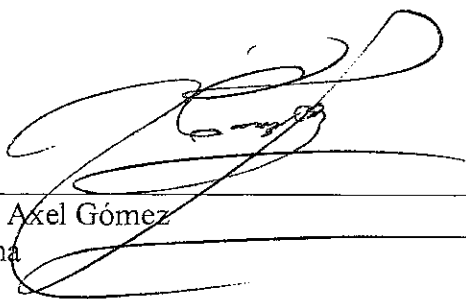
Ing. César Castañeda
Terna

F)



Ing. Julio López
Terna

F)



Ing. Axel Gómez
Terna

Fecha de aprobación: 19 de Noviembre de 2001.

Dedicada a:

Dios y la Virgen

Mis Padres Luis y Janet

Mi hermana María X'ímena

Mis Abuelos Ana María+ y

Oscar Raúl+

Mi mejor amigo Edgar+ y a su familia

PREFACIO

Este trabajo surgió como una solicitud por parte del Instituto Nacional de Bosques, para responder a la falta de estudios en el área de industria en el sector forestal. Poco se ha generado en lo que a industria forestal se refiere, y menos aún, a uno de los procesos que es el secado de la madera.

Existió entonces el deseo de verificar si este proceso era conocido y aplicado en forma general en nuestro país, a través de un diagnóstico.

Para la realización de dicho trabajo, se invirtió tiempo y esfuerzo. De forma personal, agradezco al Instituto Nacional de Bosques que, por medio de la Unidad de Fomento y Desarrollo, financió este estudio.

De forma muy especial, agradezco a mi Asesor, Ingeniero Axel Gómez, por todo el tiempo y los consejos para llevar a cabo este estudio, también al Ingeniero César Castañeda y al Ingeniero Julio López por el apoyo brindado.

CONTENIDO

	PÁGINA
PREFACIO	ii
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE GRÁFICOS	xi
RESUMEN EJECUTIVO	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
A. OBJETIVO GENERAL	3
B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
III. REVISIÓN DE LA LITERATURA	4
A. IMPORTANCIA DEL SECADO DE LA MADERA	4
B. PROCESO DE SECADO DE LA MADERA	5
C. EFECTO DEL SECADO DE LA MADERA	10
D. MÉTODOS DE PROCESO DE SECADO DE LA MADERA	11
1. El secado natural (al aire)	11
2. El secado convencional	15
3. El secado a bajas temperaturas o presecado	16
4. El secado a temperaturas normales	19
5. El secado con aire caliente	21

	PÁGINA
6. El secado con vapor sobrecalentado	25
7. El secado por deshumidificación	27
8. El secado con aceite hirviendo	29
9. El secado al vacío	30
10. El secado solar	33
11. Los métodos químicos de secado	35
12. El secado con vapores orgánicos	38
13. El secado por aplicación directa de la electricidad	39
E. SITUACIÓN Y TENDENCIA MUNDIALES DE LA INDUSTRIA Y DE LA COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS FORESTALES	41
1. Tendencias mundiales del consumo y producción de productos forestales de 1970 a 1994	42
2. Comercio internacional de productos forestales	43
3. Perspectivas mundiales de los productos forestales	49
4. Cambios recientes en la política, la legislación y el marco institucional forestales	54
5. Situación nacional de los productos forestales	55
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	59
A. MATERIALES	59
B. METODOLOGÍA	59

	PÁGINA
V. RESULTADOS	61
A. RESULTADOS DE LA BOLETA No.1	61
B. RESULTADO DE LA BOLETA No. 2	74
VI. DISCUSIÓN	79
VII. CONCLUSIONES	85
VIII. RECOMENDACIONES	87
IX. BIBLIOGRAFÍA	88
X. ANEXOS:	
ANEXO “A” BOLETA DE ENCUESTA A EMPRESAS FORESTALES	
ANEXO “B” BOLETA DE ENCUESTA A EXPERTOS FORESTALES	
ANEXO “C” LISTADO DE EMPRESAS VISITADAS DE LA INDUSTRIA DE LA MADERA.	
ANEXO “D” UBICACIÓN DE EMPRESAS VISITADAS	
ANEXO “E” LISTADO DE EXPERTOS DE LA INDUSTRIA FORESTAL	
ANEXO “F” FOTOGRAFÍA DE CÁMARA DE SECADO	
ANEXO “G” FOTOGRAFÍA DE CÁMARA DE SECADO Y CALDERA DE VAPOR	
ANEXO “H” FOTOGRAFÍA DE CÁMARA DE SECADO CON MADERA SECA	

ANEXO “I” FOTOGRAFÍA DE CALDERA DE VAPOR

ANEXO “J” FOTOGRAFÍA DE UN PRODUCTO ELABORADO CON MADERA
SECA

ANEXO “K” FOTOGRAFÍA DE PRODUCTOS ELABORADOS CON MADERA
SECA

LISTA DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro No. 1 Humedad límite de la madera según las clases de trabajo y utilizaciones	5
Cuadro No. 2 Producción y consumo mundial de productos forestales 1970, 1980, 1990 y 1994	44
Cuadro No. 3 Proyecciones regionales provisionales de la FAO para 1996 relativas al consumo para el año 2000 y 2010	51
Cuadro No. 4 Producción y consumo mundial de productos forestales por categorías en 1996 y 2010	54
Cuadro No. 5 Balanza comercial forestal por país 2000	55
Cuadro No. 6 Exportación de madera aserrada por especie 2000	57
Cuadro No. 7 Exportación de productos forestales por especies 2000	57
Cuadro No. 8 Producciones anual de madera seca y madera no seca de las empresas encuestadas y sus respectivos porcentajes	62
Cuadro. No. 9 Capacidad instalada de las empresas encuestadas por carga, porcentajes respectivos y capacidad anual total calculada	63
Cuadro No.10 Comparación entre la producción real de madera seca y la capacidad instalada y porcentaje de capacidad utilizada	64
Cuadro No.11 Capacidad nominal y final, luego del secado y tiempos de programas de secado	66
Cuadro No.12 Datos tecnológicos de las industrias	67

CUADRO	PÁGINA
Cuadro No.13 Producciones anuales totales (de madera seca y no seca) para el consumo nacional e internacional, y producciones anuales totales por industria	68
Cuadro No.14 Porcentajes de producciones de madera seca y no seca anual total por industria	69
Cuadro No.15 Porcentajes de producciones de madera para consumo nacional e internacional y total con respecto a las producciones anuales totales	71
Cuadro No.16 Porcentajes de producciones totales de madera seca y madera no seca	72
Cuadro No.17 Porcentajes de producciones totales de madera seca y no seca para consumo nacional e internacional	73

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura No. 1 Tipos de agua en el tejido de la madera sin secar	6
Figura No. 2 Esquema del movimiento del agua en los capilares dentro de la madera durante el proceso de secado	8
Figura No. 3 Ilustración de la evaporación de agua libre de la madera	9
Figura No. 4 Distribución de un patio de secado al aire libre con apilado manual	14
Figura No. 5 Apilado correcto para el secado al aire libre	15
Figura No. 6 Secado artificial	16
Figura No. 7 Disposición de un ventilador para el secado al aire libre acelerado	18
Figura No. 8 Secado a temperaturas normales (45° a 90° C)	21
Figura No. 9 Esquema de un secadero continuo con economizador de calor	21
Figura No.10 Sección transversal de un secadero de alta temperatura (110° a 140° C.) con un flujo de aire reversible y con puertas en ambos extremos	24
Figura No.11 Esquema del secado en un ambiente de vapor saturado	26
Figura No.12 Componentes principales de un secadero por condensación	28
Figura No.13 Sistema de un secadero al vacío trabajando en forma intermitente a vacío y ventilación / calefacción	32
Figura No.14 Corte transversal de un secadero al vacío con calefacción por placas metálicas	33
Figura No.15 Corte del secador solar	35

FIGURA	PÁGINA
Figura No.16 Tendencias en las exportaciones de productos forestales 1970 – 1994	45
Figura No.17 Importaciones de productos forestales: Porcentajes regionales de 1994	45
Figura No.18 Exportaciones de productos forestales: Porcentajes regionales de 1994	45
Figura No.19 Principales importadores de productos forestales 1994	46
Figura No.20 Principales exportadores de productos forestales 1994	47

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO	PÁGINA
Gráfica No. 1 Producciones anuales de madera seca y no seca y producciones totales anuales	62
Gráfica No. 2 Porcentajes de madera seca y no seca por industria	64
Gráfica No. 3 Capacidad instalada en metros cúbicos por carga y porcentaje aproximado respectivo	65
Gráfica No. 4 Comparación de la producción real y la capacidad instalada en metros cúbicos	69
Gráfica No. 5 Porcentajes de producciones de madera seca y no seca anual total por industria	70
Gráfica No. 6 Porcentajes de producciones de madera para consumo nacional e internacional y total anual por industria	71
Gráfica No. 7 Porcentajes de producciones totales de madera seca y madera no seca	73
Gráfica No. 8 Porcentajes de producciones totales de madera seca y no seca para consumo nacional e internacional	74

RESUMEN EJECUTIVO

Guatemala es un país inminentemente forestal; sin embargo, el sector no se ha desarrollado lo suficiente como para convertir al país en un productor potencial. El sector forestal nacional se enfrenta a problemas tales como la falta de técnicos capacitados, poca educación y cultura forestal y poca tecnología adecuada; este último afecta a la industria forestal de manera significativa. La industria forestal se compone de varios procesos: corte, aserrió, secado y transformación secundaria entre otros. El proceso de secado es vital para comercializar productos de alta calidad, según lo requieren estándares mundiales. Durante el proceso, la madera pierde humedad por lo que sus características mejoran; se obtiene mejor trabajabilidad y mejor resistencia a condiciones extremas entre otros. Sin embargo, el proceso debe realizarse con sumo cuidado para que la madera no sufra defectos como grietas, rajaduras internas o torceduras.

En Guatemala, existen algunas industrias que aplican este proceso con un secado convencional con caldera de vapor, el que es muy versátil ya que pueden aplicarse diferentes programas de secado para una variedad de especies maderables considerable. Sin embargo, no se conocen ni su tecnología, ni su capacidad instalada, así como tampoco sus producciones y productos por lo que era necesario un primer diagnóstico del proceso de secado industrial nacional. Para ello, se visitaron ocho industrias que aplican el proceso de secado y se realizaron encuestas que recabaron informaciones generales

como volúmenes de producciones de madera, tecnología utilizada, capacidad instalada, especies secadas, productos elaborados y mercados. Además, se entrevistaron a diez personas idóneas de la madera para obtener una percepción actual no sólo del proceso de secado, sino de la industria forestal y del sector.

Las industrias visitadas presentan una tecnología competitiva todavía, con un buen mantenimiento y una mano de obra capacitada para operar las máquinas. En algunas de ellas, la producción de madera se seca al horno en un 100%; sin embargo, existen otras en las que el porcentaje de madera secada al horno es de entre 10 y 40%. La producción total de madera seca al horno alcanza los 30,594.34 m³, lo que equivale a 60.74% de las producciones totales anuales de las ocho industrias visitadas. El 39.26% (19,778.30 m³) restante es madera no seca al horno. En lo que respecta a la comercialización de la madera, el 58.02% (29,226.89 m³) tiene como destinos mercados internacionales mientras que el 41.98% (21,145.75 m³) restante permanece en el territorio para consumo local. Las especies secadas al horno más comercializadas son: el pino (*Pinus* sp.), la caoba (*Swietenia* sp.), el cedro (*Cedrela odorata*), el palo blanco (*Cybistax donnell-smithii*) y el santa maría (*Calophyllum brasiliense*), así como otras maderas tropicales; y los productos de madera secada al horno van desde la tabla aserrada hasta dormitorios y centros de entretenimiento pasando por muebles, zócalos, machimbres, molduras y piezas para muebles.

Los expertos de la madera entrevistados consideran que la tecnología es lo suficientemente buena como para mantenerse dentro del rango de la competitividad mundial; sin embargo, enfatizan que el sector presenta algunos problemas como lo son la presión de la frontera agrícola, la falta de capacitación de las personas involucradas en el proceso de secado y la falta de incentivos entre otros. Consideran también que el desarrollo no sólo industrial sino que del sector forestal en sí, podría ser muy lento si no se realizan cambios con el fin de fomentar la investigación y la inversión por medio de políticas que promuevan al manejo sostenible del recurso maderable, así como incrementar los incentivos y promover las líneas de crédito para los proyectos forestales. De igual forma, es necesario fomentar la educación y la cultura forestal para que así todos los sectores involucrados trabajen juntos y consigan desarrollar al máximo el potencial que posee el país, ya que por ejemplo en cuanto a la producción real de madera seca al horno y la capacidad instalada, se pudo notar una subutilización de aproximadamente el 16% del equipo; la capacidad instalada total llega a los 36,507.28 m³ y se utilizan anualmente 30,594.34 m³, la capacidad subutilizada es de 5,912.94 m³.

I. INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país de vocación forestal. Por ello el sector forestal ha comenzado a tomar mayor importancia en la economía nacional. La política se ha ido modificando con el fin de aumentar el área forestal y sacar mayor provecho al recurso: la regulación de los bosques naturales y de las plantaciones bajo un manejo forestal adecuado, y la regulación de la aplicación de las leyes, entre otras.

La actividad forestal está cobrando hoy en día, mayor importancia debido a que se presentaron las condiciones adecuadas para llevar a cabo un cambio radical en el sector a principios de la década de los 90. Sin embargo, a nivel mundial, el sector forestal de Guatemala es muy débil; no se ha logrado impulsar de modo efectivo y promover todo el potencial del país. Algunos de los problemas a los que se enfrenta la actividad forestal son la falta de conciencia y cultura forestal del país, la falta de expertos profesionales en las diversas áreas del sector y la falta de incentivos.

La industria nacional encara ciertas dificultades como son: la falta de apoyo técnico, la falta de capacitación, la falta de incentivos y la falta de tecnología de punta que los haga mantenerse dentro del marco de la competitividad mundial, y la industria forestal nacional no es la excepción. Son pocas las empresas que exportan productos forestales de alta calidad según los exigentes estándares mundiales de la demanda y oferta y que para ello, necesitan un proceso de secado de la madera adecuado, el cual se define como la pérdida de humedad que

experimenta la madera, cuando las condiciones ambientales son tales que permiten el flujo desde el interior hacia la superficie. Este flujo se mantiene hasta que el contenido de humedad de la madera llega a un punto de humedad de equilibrio con el ambiente.

En Guatemala, existen dos tendencias del secado de la madera: el secado natural o al aire libre, el cual consiste en exponer la madera al aire libre, protegida de la lluvia y el sol hasta que el grado de humedad se encuentre en equilibrio con las condiciones del medio; y el secado industrial, el cual consiste en la utilización de equipos y métodos industriales para conseguir que el grado de humedad de la madera se encuentre en equilibrio con el ambiente. Por el momento, la mayoría de industrias que secan la madera aserrada en Guatemala utilizan el método natural. Este método puede dar resultado en ciertas regiones del país en determinadas épocas ya que uno de los aspectos a considerar al secar madera aserrada al natural es el clima. Sin embargo, no siempre resulta lo suficientemente eficiente a lo largo del año. Por ello y debido a que no existen estudios o diagnósticos realizados sobre el estado actual del proceso de secado industrial en Guatemala, sería conveniente y de interés nacional conocer los diferentes tipos de secadores instalados en Guatemala, así como las empresas que trabajan con ellos y por supuesto, los productos resultantes de este proceso y proponer la posibilidad de ampliar el secado de la madera utilizando otro tipo de tecnología para así incrementar su rendimiento, disminuir la cantidad de energía desperdiciada y mejorar la calidad de los productos.

II. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL:

Realizar un diagnóstico del estado actual del proceso de secado industrial de madera en Guatemala y analizar la perspectiva a futuro para competir con productos de calidad frente al resto del mundo.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- a. Determinar la distribución geográfica de los secadores industriales de madera dentro del país.
- b. Conocer la capacidad instalada en materia del secado industrial.
- c. Evaluar la tecnología del secado industrial que existe en Guatemala,
y
- d. Proponer la tecnología adecuada para aumentar la competitividad de los productos finales.

III. REVISIÓN DE LA LITERATURA

A. IMPORTANCIA DEL SECADO DE LA MADERA

Cuando se trabaja con madera recién aserrada, se observa lo siguiente: el corte de las piezas es difícil; las piezas, a veces apenas terminadas, se agrietan o deforman; las juntas o ensambles se aflojan; los barnices y pinturas no se adhieren a la superficie; aparecen manchas en las piezas. Todas estas deficiencias, que provocan grandes desperdicios de materia prima y de mano de obra, se deben, por lo general, al empleo de maderas húmedas (ICAITI-ROCAP 1986).

La madera húmeda tiene en su interior un gran contenido de agua, que era esencial para que pudiera conservarse vivo el árbol del que la madera provino. Tan pronto como son cortadas, las trozas obtenidas de algún árbol recién derribado, comienzan a perder la humedad que tienen en su interior, por la acción de los elementos, principalmente, la luz solar y el viento. Cuando la disminución de la humedad pasa de cierto límite, la madera se contrae, se agrieta, se tuerce y sufre otras deformaciones. Para evitar el apareamiento de estos defectos, la madera, antes de ser trabajada, deberá secarse en condiciones controladas, a fin de eliminar parte de la humedad que contiene (ICAITI-ROCAP 1986).

Según los trabajos y utilizaciones de las maderas, se proponen ciertos límites de humedad que a continuación se detallan en el Cuadro 1.

Cuadro No. 1

Humedad límite de la madera según las clases de trabajos y utilizaciones

Trabajos y utilizaciones	Humedad límite %
Maderas preparadas para tratamientos antisépticos	24-28
Armaduras expuestas a corrientes de aire fresco y húmedo	21-24
Maderas para evitar la pudrición seca	18-20
Embalajes, cajerío, aperos agrícolas, tonelería, etc.	16-17
Puertas y ventanas al exterior, carrocerías, aerodelismo, etc.	14-15
Muebles situados en habitaciones que se calientan ocasionalmente	13-14
Muebles, entarimados, etc., situados en lugares con calefacción central	10-12
Muebles, paquetes, etc., colocados en lugares con calefacción central muy fuerte	8-10

(Cortés 1977)

La madera que ha sido adecuadamente secada tiene las ventajas siguientes: se disminuyen los cambios en el tamaño de las piezas, ya que éstos ocurren durante el proceso de secado sin control; las juntas y ensamblajes son más resistentes; aumenta la resistencia contra la pudrición, las manchas y el impacto; la madera se vuelve más trabajable, lo que permite lograr mejores cortes y acabados más nítidos; los barnices y pinturas pueden aplicarse en forma más uniforme y efectiva (ICAITI-ROCAP 1986).

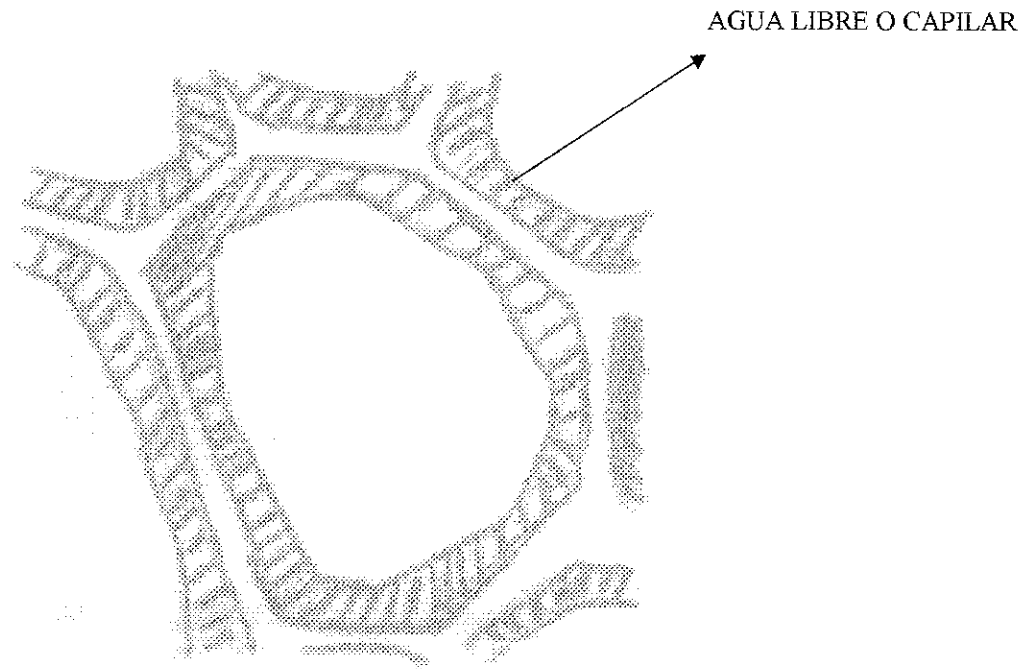
La madera seca disminuye su peso para un mismo volumen, lo que acarrea economías en el transporte, aumenta su capacidad de absorción en procesos de impregnación bajo vacío y presión y posee mayor aislación térmica (Valdés 1994).

B. PROCESO DE SECADO DE LA MADERA

El tejido vegetal contiene agua en varias formas, de las cuales, en lo que se refiere al secado interesan dos: el agua libre (extracelular) que satura las cavidades

intercelulares y la de más fácil extracción, y el agua ligada o adsorbida (de la pared celular) que requiere mayor cantidad de energía para su extracción. En el proceso de secado, se elimina primero el agua libre y posteriormente el agua ligada. Cuando el agua libre ha sido eliminada totalmente y en el tejido de la madera sólo existe agua ligada, se dice que está en el Punto de Saturación de la Fibra (PSF) (ICAITI-ROCAP 1986).

Figura 1. Tipos de agua en el tejido de la madera sin secar



(ICAITI-ROCAP 1986)

Cuando una pieza de madera verde empieza a perder humedad, varios mecanismos pueden actuar a la vez para lograr que el agua se mueva desde la superficie de la pieza hacia la atmósfera y desde las zonas internas hacia la periferia de la pieza:

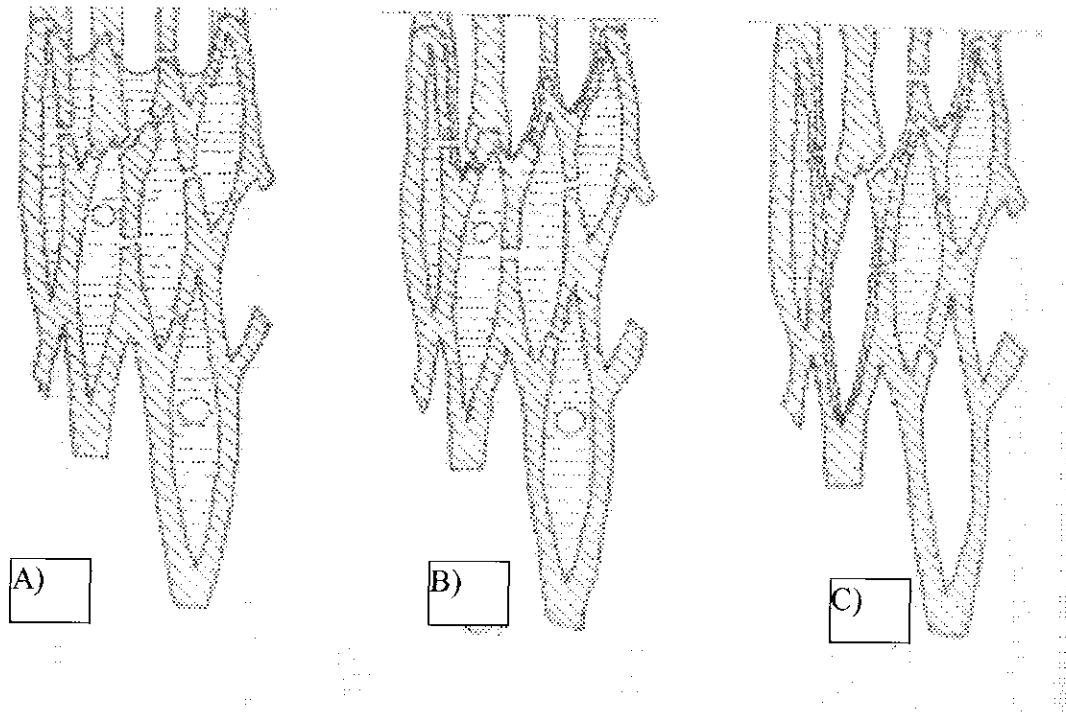
1. El agua libre se mueve por capilaridad o por diferencias de presión, como sucede en procesos de impregnación o en secado con temperaturas sobre los 100°C, a través de las cavidades celulares y puntuaciones (en vasos, fibras, traqueidas, células parenquimáticas); de esa manera, se evapora el agua que estaba contenida en las cavidades principales de la madera, siguiéndole la evaporación de la que estaba llenando las cavidades menores (Valdés 1994).

2. Bajo forma de difusión de vapor de agua, se mueve humedad a través de los espacios de la madera que tienen dimensiones microscópicas y submicroscópicas; difusión es un fenómeno general que implica el movimiento espontáneo de un material dentro de otro, desde una zona de alta concentración hacia otra de menor concentración, tendiendo a igualarse (Valdés 1994).

3. Agua de constitución, formando parte de la sustancia leñosa (celulosa, lignina) y que sólo puede ser eliminada por carbonización. No se toma en cuenta en la determinación del contenido de humedad (Valdés 1994).

El agua libre que se encuentra en los lúmenes, es eliminada en primer lugar, continuando el agua contenida en la pared celular. El agua libre resulta ser de fácil eliminación existiendo sobre el 30% del contenido de humedad. En cambio tratándose del agua higroscópica, la velocidad de secado disminuye notablemente a medida que se aproxima a las condiciones anhidras (Valdés 1994).

Figura 2. Esquema del movimiento del agua en los capilares dentro de la madera durante el proceso de secado (según HAWLEY, 1931): a) inicio del secado; b) segunda etapa y c) tercera etapa.

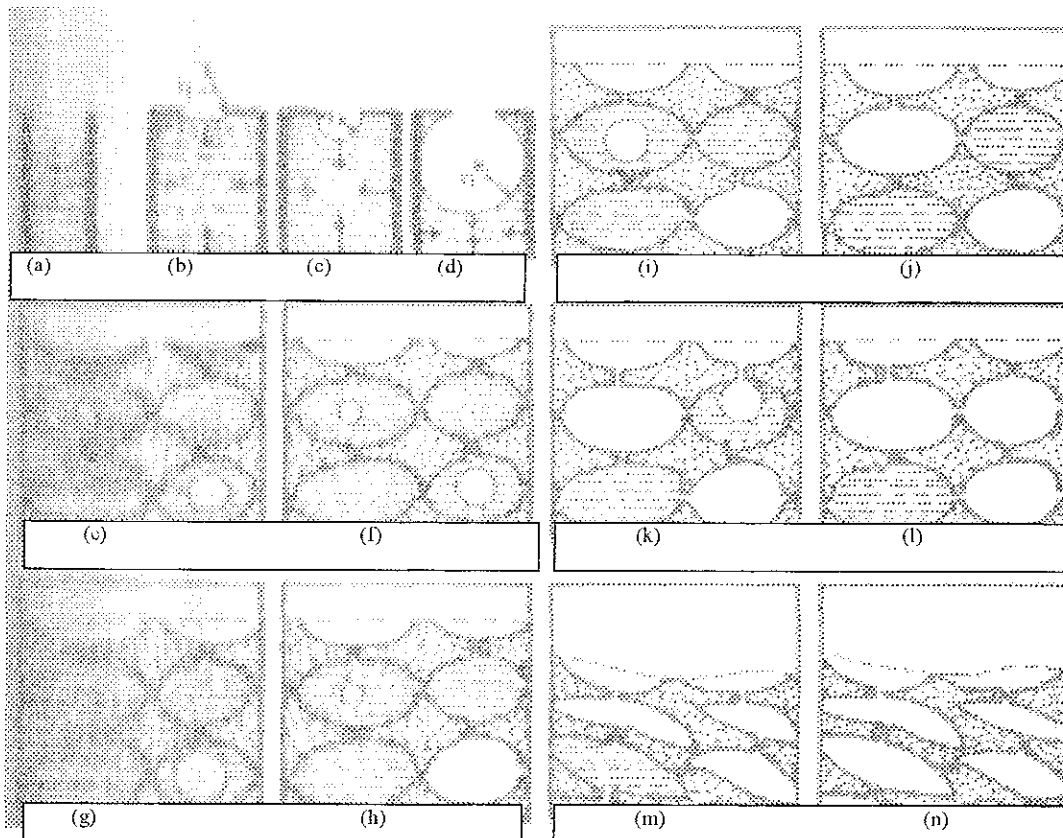


(Junta del Acuerdo de Cartagena 1989)

El agua existente en la parte más externa de la pieza, se elimina con rapidez, mientras que la situada en el interior tarda más en salir a la superficie. De ahí que si el proceso de secado no es el correcto, puede suceder que la parte superficial de la pieza se seque bruscamente y que los poros se cierren, evitando así la salida de la humedad interior, que permanece por eso, casi constante; luego, a medida que transcurre el tiempo, el tejido superficial de la pieza se contrae, mientras que en el interior no se produce ninguna variación; todo esto provoca agrietamientos y torceduras (ICAITI-ROCAP 1986).

Por el contrario, si el secado se efectúa en forma gradual, ejerciendo control sobre la temperatura y las características del aire que circula entre las piezas de madera, se posibilita que la humedad del interior salga a la superficie, donde se puede conseguir que se evapore, con lo cual se evitan los graves inconvenientes ya descritos. Cuando se va eliminando el agua libre, la madera no sufre cambios bruscos (contracciones) que sean visibles en la pieza; pero al ser extraída el agua ligada, la célula vegetal se contrae, lo que ocasiona que la pieza se encoja (ICAITI-ROCAP 1986).

Figura 3. Ilustración de la evaporación de agua libre de la madera (C. SKAAR)



(Junta del Acuerdo de Cartagena 1989)

Se llama período de secado al tiempo que transcurre para que la humedad de un lote de madera introducido al secador, se reduzca desde el valor inicial, hasta alcanzar el contenido de humedad final deseado. Existen muchos factores que influyen en la duración del período de secado para cada especie particular de madera. El primero de ellos es el contenido de humedad inicial. Para conocer con cierta aproximación cuál es el contenido de humedad promedio de las tablas que se van a secar, es necesario realizar un muestreo que tome en cuenta los contenidos iniciales de humedad de las diferentes piezas. El segundo factor que influye en el secado, es el grosor de la pieza, que tal vez sea la característica más importante para determinar el período de secado. Lo mejor es que el espesor de las tablas colocadas no exceda las tres pulgadas. El tercer factor que debe ser considerado es la semejanza de especies maderables que se estén secando, ya que a cada especie corresponde una distinta rapidez de secado. El cuarto factor es la ventilación adecuada. El quinto factor es la secuencia de secado, el tiempo durante el cual el secador recibe calentamiento efectivo (ICAITI-ROCAP 1986).

El secado de la madera aserrada sólo es una parte del proceso de preparación de la madera, que también comprende el aserrado de las trozas, la eliminación de nudos e irregularidades, y los tratamientos con preservativos que la protegen contra el ataque de insectos, hongos y condiciones ambientales adversas (ICAITI-ROCAP 1986).

C. EFECTO DEL SECADO DE LA MADERA

Muchas propiedades mecánicas son afectadas por los cambios de contenido de humedad por debajo del punto de saturación de la fibra. Muchas propiedades tales

como el módulo de elasticidad, el módulo de ruptura, la compresión paralela de la fibra, la compresión perpendicular de la fibra, la tensión perpendicular de la fibra y la gravedad específica, aumentan con la disminución del contenido de humedad. La relación que describe estos cambios de propiedades de la madera cerca de los 70°F, es:

$$P = P^{12} \left(P^{12} / P^{\text{verde}} \right)^{-(M-12/M_p-12)}$$

Donde **P** es la propiedad y **M** es el contenido de humedad en porcentaje. **M_p** es el contenido de humedad en el cual los cambios en la propiedad debido al secado, son observados por primera vez. El contenido de humedad es un poco menor que el punto de saturación de la fibra. P^{12} es el valor de la propiedad con un contenido de humedad del 12 % y P^{verde} , es el valor de la propiedad para todos los contenidos de humedad (Tecnología de madera).

D. MÉTODOS DE PROCESO DE SECADO DE LA MADERA

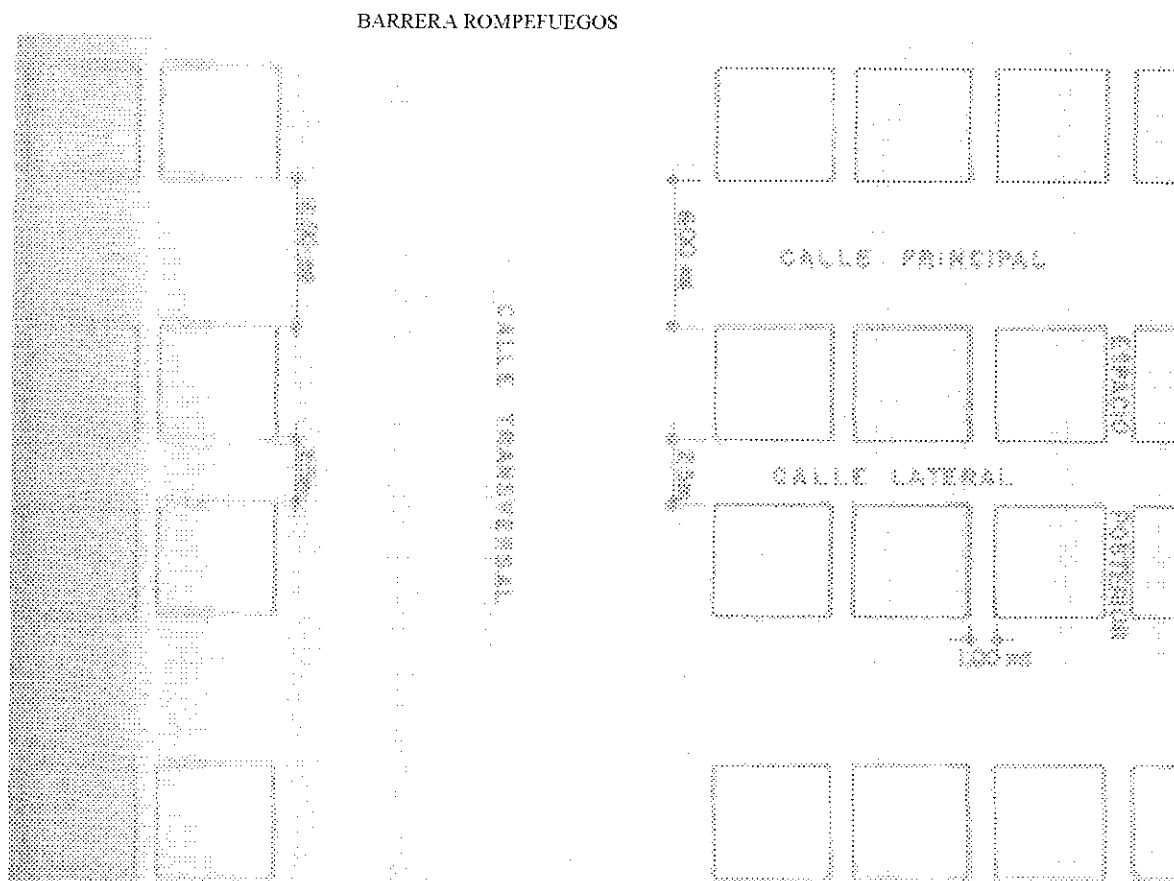
Existen diversos métodos de secado. Algunos incorporan procesos rápidos pero muy caros, como son: el secado en aceite hirviendo y el secado al vacío; otros procesos son moderadamente rápidos aunque su costo sigue siendo alto, como el secado en frío y el secado con gases calientes. Entre los procesos de mediana rapidez y de costo promedio, está el secado solar modificado. También se emplean procesos lentos e incompletos como el secado tradicional al aire y al sol naturales (ICAITI-ROCAP 1986).

1. El secado natural (al aire). Es el método más simple y antiguo para secar la madera. Consiste en exponer ésta al aire libre, protegida de la lluvia y el sol hasta que

el grado de humedad se encuentre en equilibrio con las condiciones del medio (equilibrio higroscópico). Su principal ventaja con respecto a otros métodos, es su baja inversión inicial, en cambio, la tasa de secado es muy lenta cuando el clima es desfavorable para el proceso. La circulación del aire es el único factor sobre el cual se puede influir, mediante un adecuado encastrado y óptima ubicación del castillo. El castillo debe armarse de modo que haya un mínimo de contacto entre maderas, evitando su deterioro y permitiendo un libre flujo del aire a través de ellas. Respecto a su ubicación, éste debe estar situado en un lugar donde el viento pueda circular fácilmente. El tamaño del castillo suele adecuarse al vehículo que lo transporta, en todo caso su ancho y altura no deben sobrepasar los cinco metros, cuidando de formar chimeneas, que son espacios interiores que permiten una óptima circulación de las corrientes verticales. La circulación del aire en el castillo es la resultante de dos clases de corrientes: corrientes horizontales, causadas por los vientos locales que pasan a través de la madera y corrientes verticales, que son movimientos del aire debido a diferencias de temperatura a través del castillo. La circulación horizontal puede ser regulada por la disposición de los castillos, es decir, orientación respecto a los vientos predominantes. La circulación vertical es la más importante. El vapor del agua de la madera absorbe calor del aire situado en contacto con ella, con esto el aire se hace más frío y más pesado, con tendencia a acumularse en la parte baja del castillo. Como consecuencia de este fenómeno, se tiene un secado más lento en la parte inferior, además de aumentar el peligro de pudrición. Esto se puede remediar evacuando el aire húmedo por un aumento de la circulación horizontal en la parte inferior del castillo. Se establecieron las siguientes características para un buen secado natural: localización del patio (cerca de la planta de producción, terreno alto,

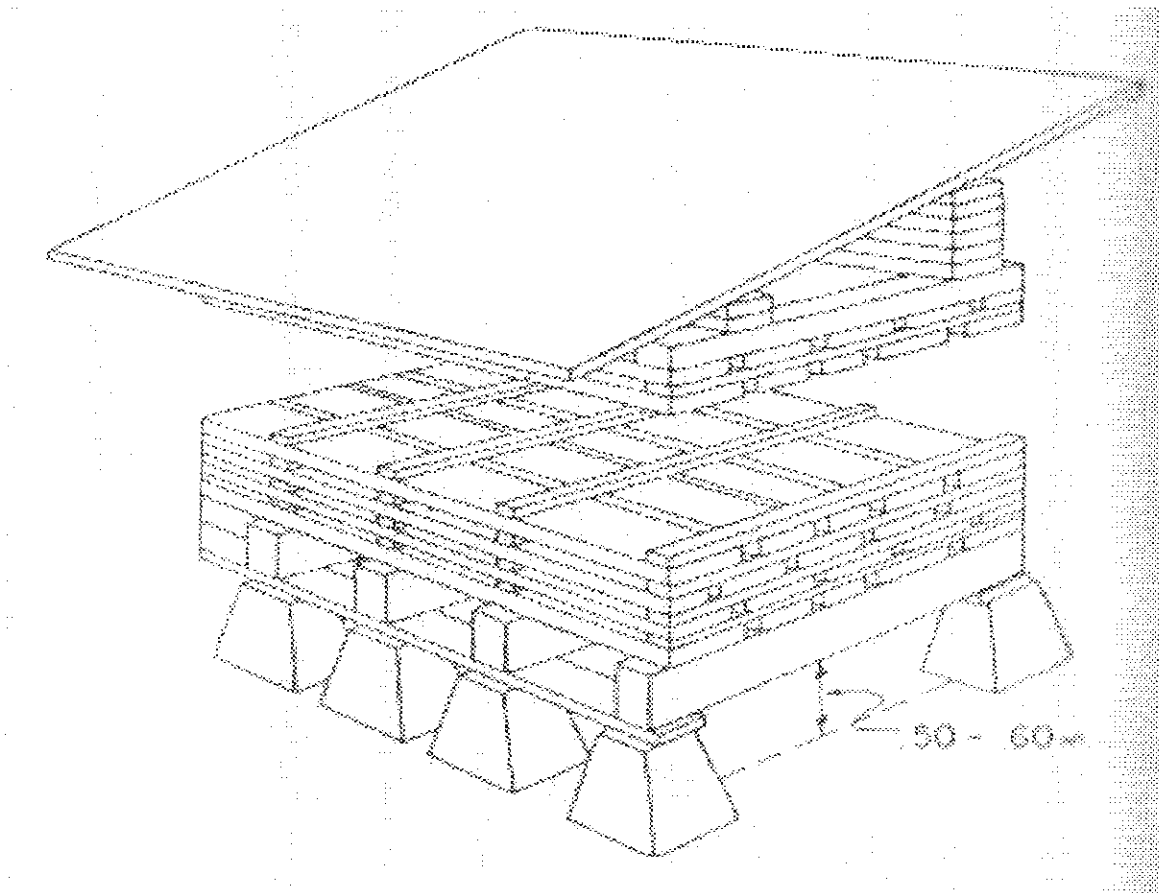
parejo y con buen drenaje, y libre de obstáculos para permitir la adecuada circulación del aire); sanidad y mantenimiento (todo patio deberá mantenerse limpio para no estorbar la libre circulación del aire por la superficie del piso y disminuir el peligro de incendio); orientación y características del castillo (la dirección de los castillos depende principalmente de la dirección que toma el sol, lo ideal es orientar las pilas de Este a Oeste, ya que así la mayor intensidad de los rayos solares no recae en los extremos evitándose grietas y rajaduras). Los castillos bajos son ventajosos si se requiere un secado rápido y uniforme. La altura del castillo depende de consideraciones económicas (mano de obra) y de estabilidad (la altura debe corresponder a aproximadamente tres veces el ancho). Los separadores de las piezas permiten que el aire circule libremente por cada una de ellas y a su vez, cada separador resiste parte del peso del castillo. La presión ejercida por cada separador sobre las tablas, tiende a evitar torceduras y encogimiento en el ancho. Los castillos deben instalarse sobre fundiciones que deben ser sólidas y fuertes pudiéndose usar madera impregnada o concreto. Deben tener un mínimo de 40 cms. desde el suelo para asegurar una adecuada circulación del aire bajo el castillo. Los castillos deben protegerse del sol y la lluvia por medio de un techo (Valdés 1994).

Figura 4. Distribución de un patio de secado al aire libre con apilado manual



(Junta del Acuerdo de Cartagena 1989)

Figura 5. Apilado correcto para el secado al aire libre

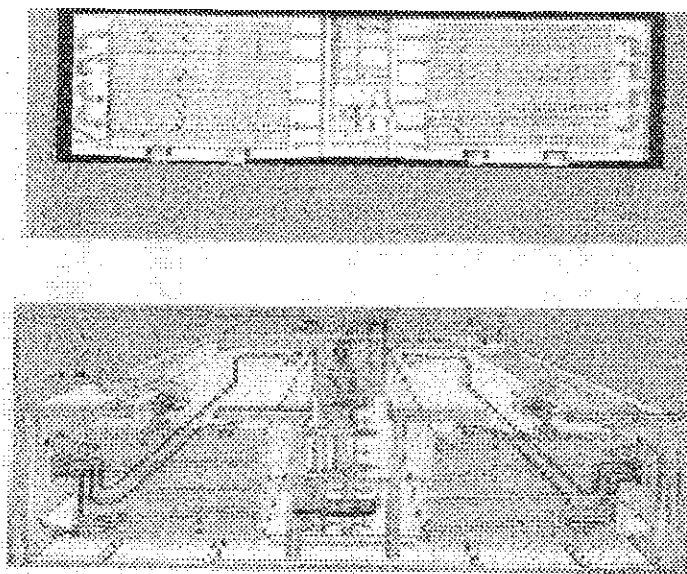


(Junta del Acuerdo de Cartagena 1989)

2. El secado convencional. Constituye la técnica más difundida en el secado de maderas, tanto para especies nativas como exóticas, caracterizándose por el empleo de temperaturas normalmente no superiores a los 85°C. Desde el punto de vista técnico, presenta una gran flexibilidad, adaptándose a cualquier programa de secado por sus características de diseño y la disponibilidad de vapor, lo que permite lograr cualquier humedad relativa dentro de la cámara de secado. Se utilizan normalmente cámaras cerradas donde a través de un programa de secado, basado en el contenido de humedad, característico para cada especie y espesor, es aplicado progresivamente

partiendo con temperaturas bajas y humedades relativas altas. A medida que el secado progresa, varían las condiciones, esto es, incrementando la temperatura y disminuyendo la humedad relativa. Estas cámaras son a su vez de dos clases: de compartimiento y progresivas. Las cámaras de compartimiento se caracterizan en que toda la carga es constante en el proceso de secado, variando el operador las condiciones de temperatura y humedad relativa. En cambio en el secador progresivo, la carga va trasladándose lentamente a través de este verdadero túnel donde las variables de secado están fijas y de diferentes valores en cada zona (Valdés 1994).

Figura 6. Secado artificial (sistema: KIEFER, R.F.A.)



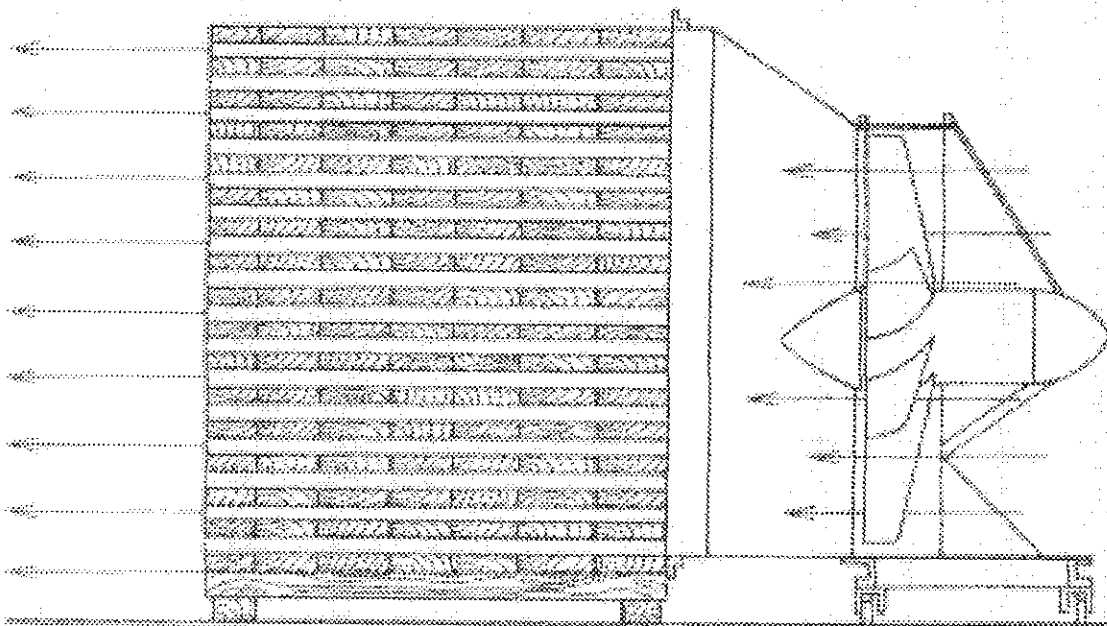
(Junta del Acuerdo de Cartagena 1989)

3. El secado a bajas temperaturas o presecado. Se realiza con temperaturas inferiores a 45° C. La energía proviene del medio ambiente, de los rayos solares o de fuente artificial. Sea cual fuere el origen térmico, el aire cálido es obligado a pasar

horizontalmente a través de las pilas de madera. Cuando únicamente se usa la temperatura ambiente, los ventiladores trabajan sólo durante las horas más calurosas o secas del día, mientras que en los días frescos y húmedos o durante la noche, se apagan para ahorrar energía eléctrica o motriz o para evitar que la madera recupere humedad. Con otros tipos de energía calorífica, el movimiento del aire debe ser permanente. El secado a bajas temperaturas casi siempre tiene como finalidad reducir el contenido de humedad de la madera desde el estado verde hasta un 20 a 30%, para evacuar de este modo toda el agua libre y como máximo una tercera parte del agua fija. Este sistema es ventajoso con respecto al secado al aire libre, pues además de llevar la madera a humedades semejantes pero en menor tiempo, permite obtener un producto de mejor calidad ya que las tablas siempre están protegidas contra el sol y la lluvia. El más elemental de estos sistemas de presecado, se realiza bajo cubiertas temporales, dentro del mismo patio de secado natural y con la ayuda de ventiladores. Las pilas horizontales de madera aserrada se colocan en un espacio rectangular cubierto con un material aislante e impermeable. En una pared lateral, se colocan los ventiladores y el lado opuesto se deja abierto para asegurar la salida del aire. Los demás lados y las aberturas en la pared de los ventiladores se cubren para evitar fugas y para forzar el aire a pasar a través de las pilas. (Junta del Acuerdo de Cartagena 1989)

El espacio libre entre el techo y las pilas se cubre con desviadores para guiar el aire y evitar turbulencias. Los materiales de cubierta y desviadores son generalmente lonas, plásticos, madera aserrada, triplex o láminas metálicas. El aire puede ser empujado o succionado por los ventiladores. Se logra mejor distribución cuando se le atrae hacia los ventiladores, extrayéndolo de la cámara donde se encuentran las pilas

Figura 7. Disposición de un ventilador para el secado al aire libre, acelerado.



(Junta del Acuerdo de Cartagena 1989)

de madera. La energía motriz de los ventiladores puede ser producida por varias fuentes de energía. La velocidad del secado depende fundamentalmente de la temperatura y humedad del aire y de la velocidad con que éste circula. Otro secador con aire forzado comúnmente utilizado es el llamado “bajo cubierta”, que es similar al anterior pero cuya cubierta es permanente y sus ventiladores estacionarios. En estas instalaciones, la temperatura es la principal responsable del secado. Como las condiciones climáticas varían periódicamente, e incluso durante el mismo día hay fluctuaciones grandes, la temperatura ambiente no es suficiente para un proceso continuo de secado. Por lo tanto, los perfeccionamientos se han orientado a elevar y mantener la temperatura y humedad relativa del aire dentro del presecador. Estas instalaciones deben tener válvulas de entrada y salida de aire que permitan mantenerlo

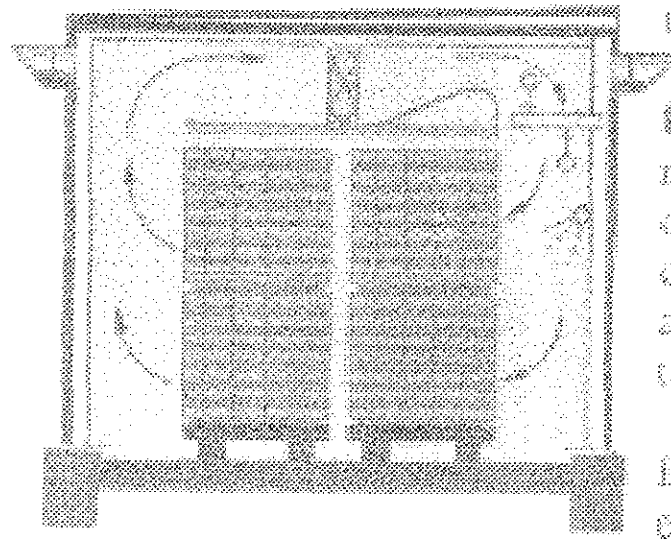
y dejarlo salir, según convenga al clima interior. Un presecadero consiste generalmente en una gran bodega convenientemente climatizada a una temperatura de más o menos 40° C, durante todo el tiempo. Su capacidad varía entre 100 y 2,000 m³ para secar madera hasta un 20% de contenido de humedad. Dicha bodega tiene una o más puertas por donde entra la madera y otra al lado opuesto de iguales características, por donde se saca. La humedad relativa del aire se mantiene dentro del rango deseado mediante ventiladores que permiten cambiar el aire húmedo por fresco. La velocidad del aire es de alrededor 1 m/s. Estos presecaderos trabajan como grandes bodegas que facilitan el presecado rápido y en forma simultánea de tablas de diferentes especies, anchos y espesores. Dentro de los presecaderos, los defectos que ocurren con frecuencia en un secado al aire libre se reducen al mínimo. El clima suave y constante que rige en él, minimiza las tensiones en la madera, sobre todo durante la primera fase de evacuación del agua libre. (Junta del Acuerdo de Cartagena 1989).

4. El secado a temperaturas normales. Se realiza a temperaturas que varían entre 45° y 90° C. y se lleva a cabo dentro de cuartos llamados cámaras u hornos, en los cuales se puede controlar la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del aire. Para calentar estas cámaras, se utilizan diversas fuentes térmicas siendo las más comunes el vapor de agua, el agua caliente y los calentadores o quemadores a base de combustibles derivados del petróleo y la energía eléctrica. La madera aserrada en forma de tablas, tablillas o listones, se apila horizontalmente utilizando siempre listones separadores especiales de tamaño adecuado. El secado se realiza siguiendo

un programa previamente establecido, con etapas climáticas progresivamente más secas y cálidas. El control de las condiciones climáticas se efectúa mediante termómetros y sensores del equilibrio del contenido de humedad que permiten, por una parte, conocer la temperatura y humedad relativa del aire dentro de la cámara y por otra, mantener mediante controles automáticos las condiciones ambientales deseables. Una instalación para secado a temperaturas normales consiste en un cuarto, cámara o túnel debidamente aislado del medio ambiente natural, dentro del cual se puede controlar la temperatura y la humedad relativa del aire que circula a través de las pilas de madera aserrada. El clima artificial dentro del recinto, permite el secamiento progresivo de la madera hasta el contenido de humedad final deseado. Son en principio unos cuartos sellados herméticamente, equipados con un sistema de calefacción (normalmente radiadores), ventiladores para la circulación del aire, equipo de humidificación, válvulas para el intercambio del aire con cierres de mariposa y equipo para controlar y variar el clima dentro del secadero (temperatura y humedad relativa del aire) (Junta del Acuerdo de Cartagena 1989).

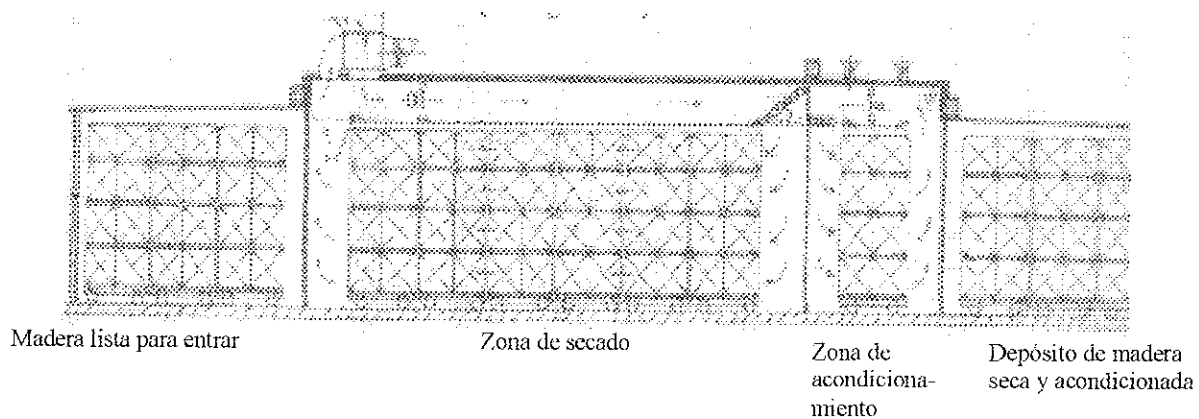
Para dar solución a la necesidad de una producción continua de madera seca, se ha diseñado un tipo de secador que se presenta bajo la forma de un túnel, el cual podría asimilarse a varias cámaras secadoras pequeñas puestas una junto a la otra. Este tipo de secador es el que se conoce como secador en túnel o progresivo y es muy útil para maderas blandas (coníferas), que son fáciles de secar, siendo muy utilizado en África del Sur para el secado de una especie de pino; tiene aceptación en países como Finlandia y Suecia (Junta del Acuerdo de Cartagena 1989).

Figura 8. Secado a temperaturas normales (45° a 90° C)



(Junta del Acuerdo de Cartagena 1989)

Figura 9. Esquema de un secadero continuo con economizador de calor (según BRUNNER-HILDEBRAND, 1987)



(Junta del Acuerdo de Cartagena 1989)

5. El secado con aire caliente. El secado de madera a alta temperatura fue patentado en los Estados Unidos el año 1867, no obstante, por motivos económicos hace sólo

tres décadas se incorporó como una alternativa de secado industrial en países con un desarrollo forestal importante. Actualmente, el método usa una mezcla de aire y vapor, y el proceso en sí es una extensión del secado artificial convencional (Valdés 1994). La madera es colocada dentro de un ambiente térmicamente aislado donde ocurre un proceso artificial (automático o manual) de calentamiento de aire y de ventilación; en este proceso, se regula la humedad en el interior del aparato por medio de la admisión de aire externo, o bien por la expulsión de aire interno (ICAITI-ROCAP 1986). En líneas generales se pueden observar tres etapas características. La primera ocurre cuando la superficie de la madera se encuentra saturada de humedad, verificándose una abundante evaporación en esta zona, en este caso la razón de secado (% Contenido de Humedad/tiempo) permanece constante y, obviando los factores inherentes a la anatomía de la especie, depende fundamentalmente de condiciones externas como son la temperatura del bulbo seco, humedad relativa y velocidad del aire entre tablas. Todas estas variables condicionan marcadamente tanto la velocidad de secado como la ocurrencia de gradientes de humedad que posteriormente pudiesen provocar tensiones internas y deformaciones del material. En la segunda y tercera fase del proceso, cuando la razón de secado decrece y, por lo tanto, disminuye la tasa de evaporación, el efecto de temperatura de bulbo seco en el tiempo de secado, es de la mayor importancia, mientras que las otras variables ya no manifiestan influencia notoria, especialmente bajo el 20% de contenido de humedad. En muchos programas de secado, la única variable que se controla es la temperatura de bulbo seco. Las magnitudes más utilizadas en la industria fluctúan entre los 105° y 135°, llegando a 200° o más sólo en ensayos experimentales y cuando el medio de

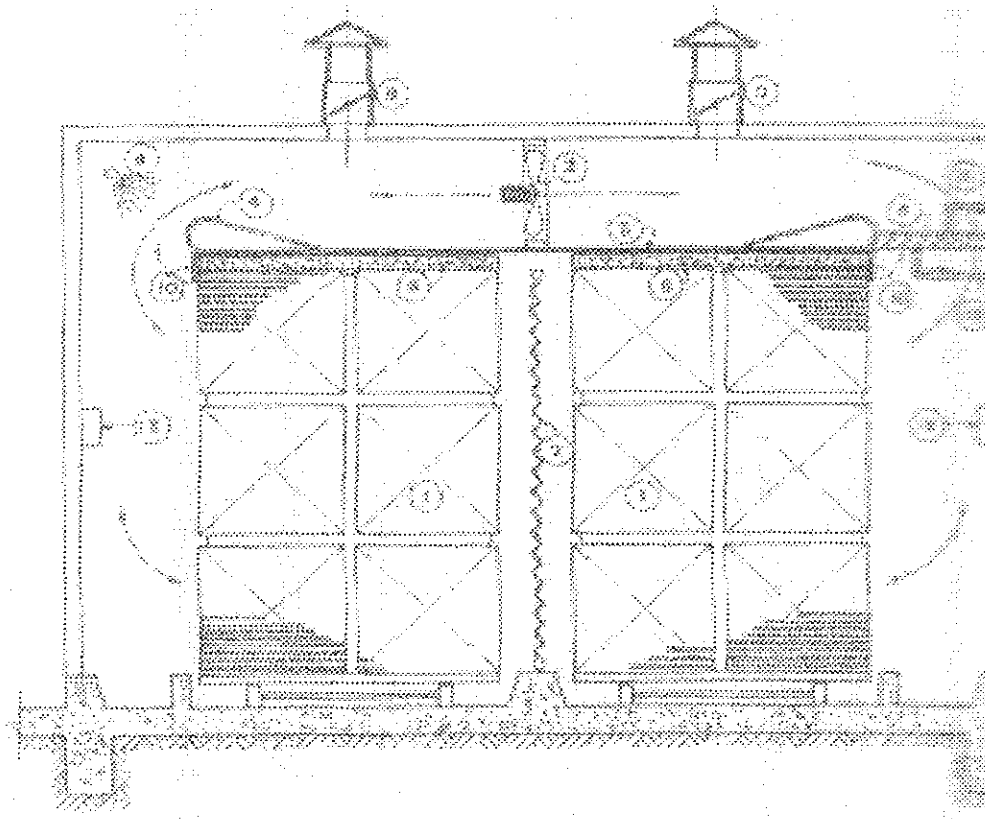
secado es el vapor recalentado. El secado a alta temperatura al disminuir el tiempo de estacionado de la madera entre 1/4 a 1/6 del tiempo de secado convencional, proporciona una serie de ventajas, tales como menor necesidad de espacio físico, reducción de inventarios y ahorro energético. Por otra parte, ya que la temperatura provoca la unión de los grupos hidroxilos de la celulosa, reduciendo así las posibilidades de ésta para captar moléculas de agua (procedimiento empleado para conferir mayor estabilidad a la madera), el secado a alta temperatura a causa del mismo principio, logra disminuir conjuntamente el punto de saturación de las fibras, contenido de humedad de equilibrio y contracción. Los inconvenientes que presenta esta técnica son: cambio de color de la madera (se presenta un color tostado que por ser superficial se elimina con el cepillado); el secado a alta temperatura provoca un gradiente de humedad importante, lo cual agudiza algunos defectos asociados al proceso, especialmente tensiones superficiales, grietas superficiales e internas y colapso en algunas especies; en maderas de alto contenido de resinas, la alta temperatura provoca la exudación de este extraíble hacia la superficie de las piezas, lo cual ocasionará problemas en caso de una posterior aplicación de recubrimiento superficial o adhesivos (Valdés 1994).

Se necesita equipo bastante caro, cuya operación tiene un costo elevado, ya que requiere de combustibles o electricidad. El equipo es efectivo y versátil; el proceso de secado de madera tarda de 3 a 10 días. Este tipo de secado artificial es posiblemente el más conocido (ICAITI-ROCAP 1986).

Figura 10. Sección transversal de un secadero de alta temperatura (110° a 140°C) con flujo de aire reversible y con puertas en ambos extremos (según

HILDEBRAND, R.F.A.):

- | | |
|--|--|
| 1) Carro con seis paquetes de madera | 7) Radiadores intermedios |
| 2) Unidad de ventilación | 8) Humidificación y vaporización |
| 3) Cielo raso | 9) Entrada de aire fresco y salida de aire |
| 4) Deflector de aire húmedo con cierre de mariposa | 10) Pantalla giratoria |
| 5) Radiadores bimetalicos (interior de acero, exterior de aluminio con aletas) | 11) Tubería conductora de vapor |
| 6) Contrapeso de concreto | 12) Tubería de condensado |
| | 13) Equipo de control |



(Junta del Acuerdo de Cartagena 1989)

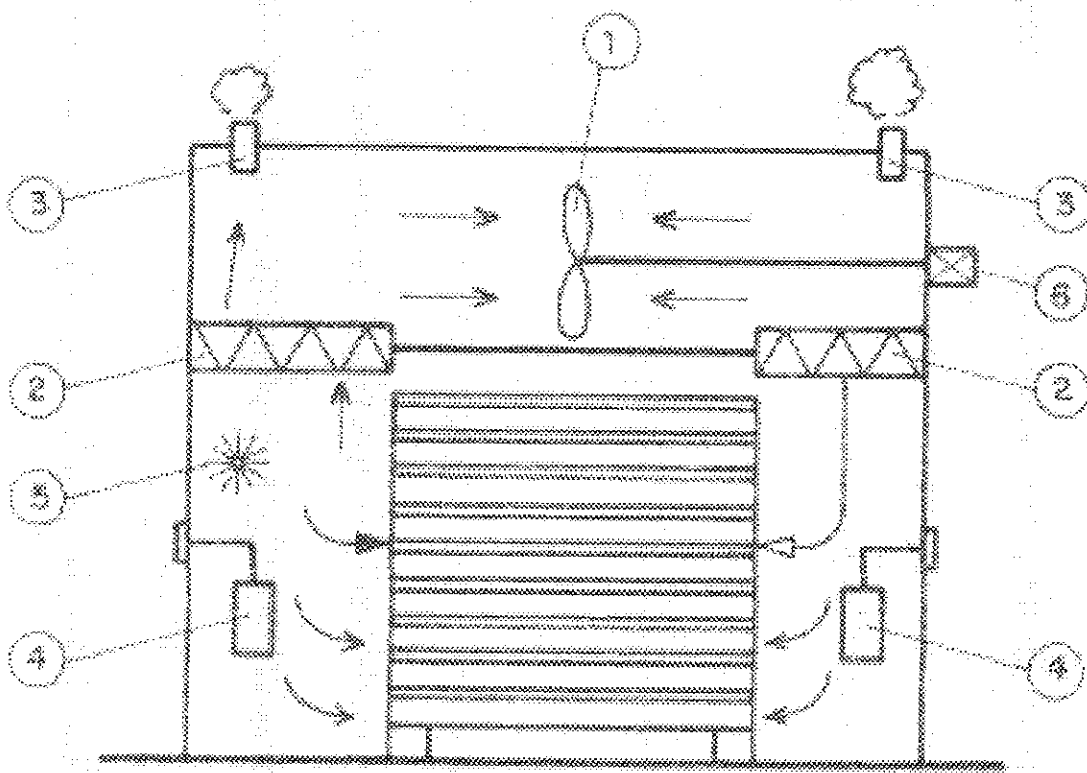
6. El secado con vapor sobrecalentado. La madera puede secarse dentro de una cámara convencional, utilizando vapor sobrecalentado en lugar de aire para calentarla y extraer la humedad evaporada de su superficie. Para tal efecto, es necesario que el calentamiento y la inyección de vapor sean adecuados y que la cámara esté bien aislada y sea resistente al vapor. La velocidad de secado depende casi exclusivamente de la tasa de transferencia de calor a la madera. Por lo tanto, se requieren altas velocidades del aire y capacidad de los ventiladores para mover volúmenes grandes de vapor. Al iniciarse el proceso, el vapor se inyecta directamente dentro de la cámara hasta que la lectura del bulbo húmedo alcance los 100°C. Entonces el aire existente en el interior es expulsado y el bulbo seco se gradúa para que los radiadores recalienten el vapor circulante hasta la temperatura deseada, que puede ser de hasta 120°C. o más. Para evitar que la presión dentro de la cámara supere la presión atmosférica, se requiere que las ventilas puedan abrirse libremente. Cuando la madera alcanza una temperatura de 100°C. por la acción del vapor inyectado, el agua libre comienza a evaporarse desde su superficie y el movimiento de la humedad de adentro hacia afuera es bastante rápido. En este momento, ya no es necesaria la inyección de vapor. La tasa de movimiento del agua dentro de la madera y la tasa de evaporación desde su superficie, se incrementan por las altas temperaturas. A medida que la madera pierde humedad por debajo del PSF, aumenta su temperatura hasta alcanzar aquella correspondiente al bulbo seco, cesando entonces el proceso de secado. La madera llega finalmente a un contenido de humedad de equilibrio correspondiente a la temperatura del vapor recalentado. De esta manera, es posible

controlar el contenido de humedad y aplicar el período de acondicionamiento tal cual se hace en el secado convencional (Junta del Acuerdo de Cartagena 1989).

Figura 11. Esquema del secado en un ambiente de vapor saturado según BOLLMANN,

R.F.A.:

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1) Ventiladores (con motores exteriores) | 4) Psicrómetro |
| 2) Radiadores | 5) Humidificación con vapor saturado |
| 3) Salida de vapor | 6) Motor eléctrico fuera de la cámara |



(Junta del Acuerdo de Cartagena 1989)

Como el secamiento es rápido, es posible que se presente un sobresecado y que haya deformaciones fuera de lo común; también puede suceder que haya una gran

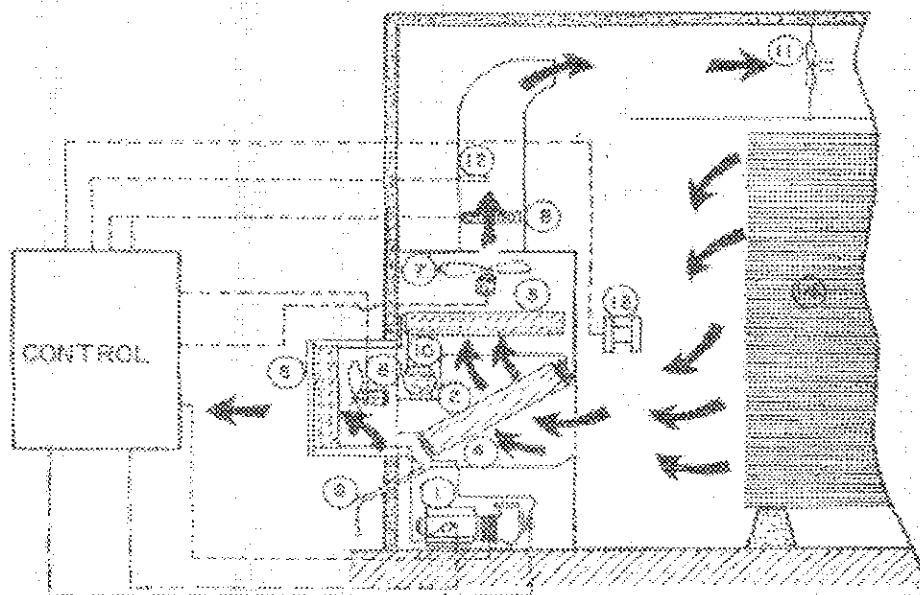
amplitud en los gradientes y humedades finales antes del período de acondicionamiento. Aquellas maderas que se someten al proceso desde el estado verde, se contraen más de lo normal; también pueden presentar colapso celular. Los efectos usuales del proceso son la exudación de resina, aflojamiento de nudos y endurecimiento debido a la acción combinada del vapor y la temperatura. Este proceso es más eficiente que el secado convencional, porque el aire no interviene en la eliminación del vapor de agua que sale de la madera. Debido a esa mayor eficiencia térmica, el secamiento es mucho más rápido y el material resultante es menos higroscópico y más estable que aquel secado a bajas temperaturas (Junta del Acuerdo de Cartagena 1989).

7. El secado por deshumidificación. Comenzó a difundirse a partir de la década del 70, como una alternativa para minimizar los costos en la operación de secadores tradicionales dado el continuo incremento en el precio de los combustibles y la alta inversión en equipos. Está formado por una cámara cuyas dimensiones dependen fundamentalmente de la capacidad de secado deseada, dimensiones de las piezas de madera, altura de los separadores, especie a secar y contenido de humedad. En su construcción, pueden emplearse diferentes materiales, desde una obra civil tradicional de un costo mayor hasta la utilización de materiales combinados como es el hierro, madera, uso de paneles varios y recubrimientos de metal, madera o plástico. El criterio técnico de mayor importancia se encuentra en lograr una apropiada aislación térmica y una buena estabilidad de las uniones, puertas, etc.; evitándose de esta manera las pérdidas de calor y humedad, las que adquieren dadas las características del sistema al utilizar temperaturas en general no superiores a los 55° y una humedad

obtenida sólo por la evaporación del agua de la madera (Valdés 1994). Consta de resistencias eléctricas para calentar el aire en movimiento en la cámara y de un condensador para eliminar el vapor de agua contenido en el aire. Circulando entre la madera, el aire caliente se carga de la humedad de la madera y la elimina en el condensador (Cortés 1977).

Figura 12. Componentes principales de un secadero por condensación (según JOLY y MORE CHEVALIER, Francia):

- | | |
|---|--|
| 1) Compresor | 7) Ventilador principal |
| 2) Refrigerador | 8) Sistema de calefacción adicional |
| 3) Condensador | 9) Salida de agua condensada |
| 4) Bandeja para recibir el agua congelada | 10) Recipiente de expansión del circuito de enfriamiento |
| 5) Condensador auxiliar externo | 11) Ventilador del circuito de aire |
| 6) Ventilador de enfriamiento del condensador externo | 12) Censor del termostato |
| | 13) Higrostató |
| | 14) Pila de madera seca |



(Junta del Acuerdo de Cartagena 1989)

Esta técnica presenta ciertas ventajas y desventajas técnicas como equipo frente a otras alternativas, como es el secado convencional. Entre las primeras las más importantes que pueden citarse son la eficiente utilización del calor disponible, construcción simple de la cámara, costos de mantenimiento y operación bajos, posibilidad de secar al mismo tiempo varias especies y no utilizar una planta de vapor. Se alimenta sólo mediante energía eléctrica (Valdés 1994). Otra ventaja de este sistema es de no alterar la textura de la madera y de no provocar decoloraciones (Cortés 1977). Estas ventajas son contrarrestadas por limitaciones importantes tales como el largo tiempo de secado, imposibilidad de minimizar tensiones internas en la madera propia del secado, de efectuar homogenización del contenido de humedad ni recuperación del colapso presente en algunas especies como el eucalipto. El tiempo de secado es de 1.5 a 2 veces mayor con respecto a un secado convencional para llevar la madera desde verde a un 15% de contenido de humedad (Valdés 1994). Debido a que es muy largo el proceso de secado y costoso el consumo de energía eléctrica, para el secado de madera de construcción, es antieconómico utilizarlo y es mejor que se use sólo para madera de alto precio. El tipo de secado por deshumidificación tiende actualmente a reemplazar el secadero de caldera por ser más barata la instalación; la diferencia de precio proviene de que no se necesita caldera y canalizaciones para conducir el vapor, pero ocasiona un gran consumo de energía eléctrica (Cortés 1977).

8. El secado en aceite hirviendo. Un método rápido de secamiento de la madera consiste en sumergirla dentro de un líquido repelente de la humedad, que tenga un punto de ebullición mucho más alto que el del agua y que se encuentre a una

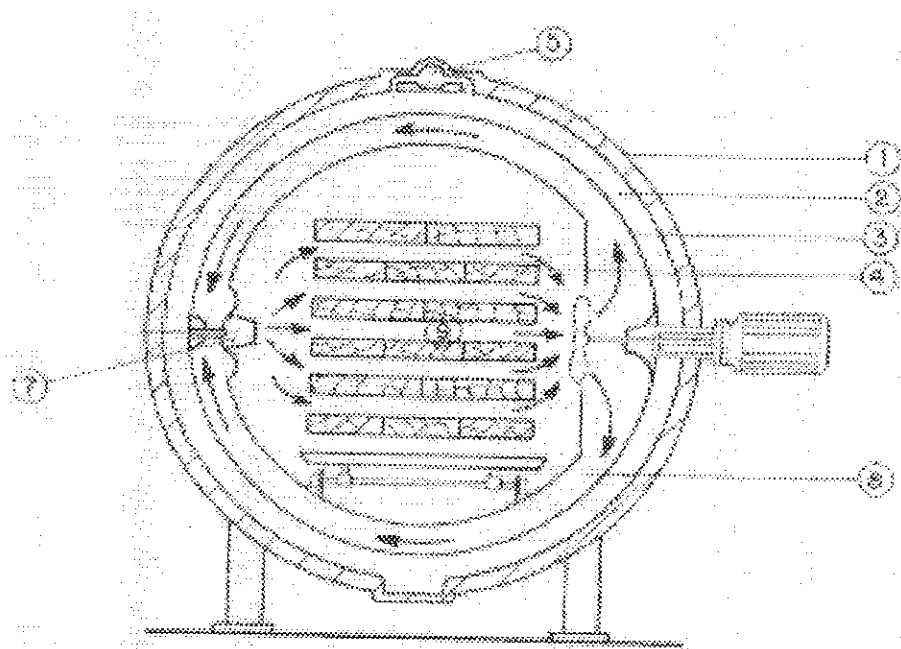
temperatura tal que produzca la evaporación de la humedad contenida en la madera. El proceso de secado con este sistema se efectúa en las siguientes tres etapas: período de calentamiento, a una temperatura mayor que 100°C ; período de evaporación del agua libre, a una temperatura máxima de 100°C . (en esta etapa el agua libre emigra hacia la superficie de la madera, en donde se convierte en vapor y forma una capa que la protege); período de evaporación del agua fija (esta etapa se desarrolla por difusión del agua retenida en las paredes celulares, una vez evacuada toda el agua libre). Como el movimiento del agua fija es muy lento, la capa de vapor protectora se rompe y la superficie de la madera queda expuesta a la acción directa del líquido oleoso hirviendo, produciendo endurecimiento superficial que favorece la producción de rajaduras y grietas (Junta del Acuerdo de Cartagena 1989). El costo del equipo necesario y los gastos de operación son elevados, por lo que es recomendable sólo para maderas muy finas y cuando se requiere madera seca con urgencia (ICAITI-ROCAP 1986).

9. El secado al vacío. Para aumentar la velocidad de secado, es necesario aumentar la velocidad de circulación del agua en el interior de la madera. Según P. Joly y F. More Chevalier, el agua circula a una velocidad cinco veces mayor en un material bajo presión de 60 Mm. de mercurio que bajo una presión de 760 Mm. de mercurio. Esta propiedad es la que sirve de fundamento para el desarrollo del proceso de secado al vacío. La acción del vacío también se traduce en una disminución de la temperatura de ebullición del agua, con lo cual se logra una intensificación de la evaporación en la superficie. Como consecuencia de ello, se aumenta el gradiente de

temperatura en la madera ya que la superficie se enfría más rápido que el centro, a causa de la intensa evaporación, trayendo como efecto un aumento de la velocidad de secado. Se ha comprobado también que para el secado de la madera es necesario suministrar la energía calorífica requerida para extraer el agua higroscópica y para pasar el agua del estado líquido al gaseoso. Por tal razón, además del vacío es indispensable calentar la madera. Sin embargo, se debe tener presente que cuando se crea una depresión (vacío) alrededor de la madera, se produce un enrarecimiento del aire ambiente, es decir, del agente de transmisión del calor por convección. En estas condiciones, es imposible calentar la madera ya que el vacío no transmite el calor. Se debe entonces optar por uno de los siguientes procedimientos: colocar la madera en contacto con elementos calientes, por ejemplo, placas metálicas; interrumpir el vacío a intervalos regulares y durante estas interrupciones calentar la atmósfera y colocar encima de la pila de madera elementos irradiantes. El auge adquirido recientemente por las secadoras al vacío se explica por la notable disminución en los tiempos de secado y por el desarrollo de sistemas de fabricación de las cámaras que permiten una disminución en el costo del equipo. Una secadora al vacío consta básicamente de los siguientes elementos: una cámara o celda con los diferentes elementos mecánicos y en la cual se coloca la carga de madera que va a secarse, un dispositivo de calefacción, un dispositivo para la eliminación del agua e instrumentos de control y regulación y, en este caso particular, una bomba de vacío. Las principales ventajas del secado al vacío son las siguientes: la acción sobre la temperatura y la presión del ambiente dentro del autoclave, acelera la circulación del agua del interior a la superficie de la madera; por disminución del punto de ebullición del agua, se incrementa la tasa de evaporación del agua de la superficie de la madera, al aumentar la capacidad del aire

Figura 13. Sistema de un secadero al vacío trabajando en forma intermitente a vacío y ventilación/calefacción (según MASPELL, Italia):

- | | |
|---------------------------------|--|
| 1) Pared exterior de autoclave | 6) Unidad de ventilación |
| 2) Circulación de agua caliente | 7) Tobera para la distribución de aire caliente |
| 3) Pared intermedia | 8) Circulación del aire entre la pared intermedia (caliente) y la pared interior |
| 4) Pared interior | 9) Pila de madera convencional con Separadores |
| 5) Circulación de agua caliente | |



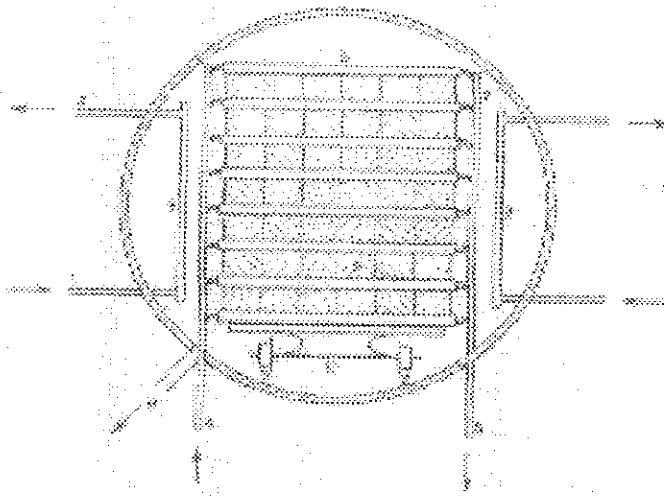
(Junta del Acuerdo de Cartagena 1989)

para absorber mayor cantidad de vapor; se reduce considerablemente el tiempo de secado, siendo comparable, con el secado a altas temperaturas, pero sin los inconvenientes y riesgos de éste; se reportan bajas diferencias en el contenido de humedad final entre el centro de las piezas y la superficie, así como una reducción en las tensiones internas. Entre las principales desventajas, caben citar las siguientes: los equipos disponibles ofrecen generalmente una baja capacidad en el volumen de

madera a secar y los aparatos que se emplean y el manejo del ciclo de secado presentan una cierta complejidad; la aplicación alternada de ciclos de vacío y de presión normal es difícil de realizar (Junta del Acuerdo de Cartagena 1989).

Figura 14. Corte transversal de un secadero al vacío con calefacción por placas metálicas (según JOLY y MORE CHEVALIER, Francia, 1980):

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| 1) Entrada de agua fría | 6) Placas para calentar la madera |
| 2) Salida de agua fría | 7) Colector de agua caliente |
| 3) Placas de condensación | 8) Conexión a la bomba de vacío |
| 4) Entrada de agua caliente | 9) Pila de madera |
| 5) Salida de agua caliente | 10) Carro transportador |

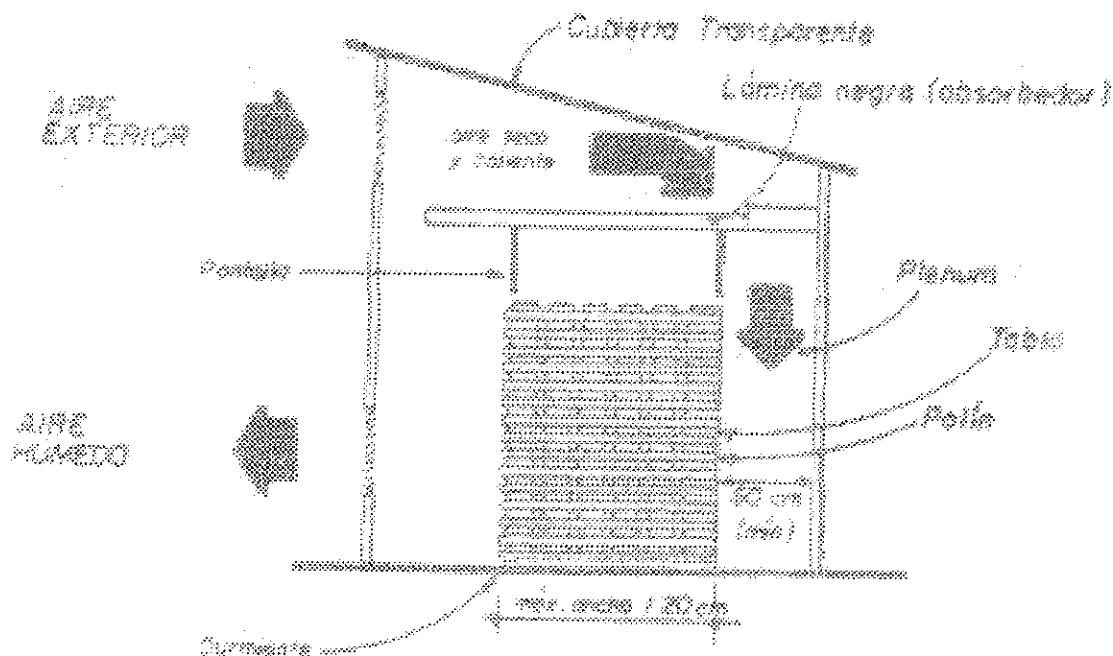


(Junta del Acuerdo de Cartagena 1989)

10. El secado solar. En este método de secado, el calentamiento del aire que permite evaporar la humedad en la madera, se logra por medio del aprovechamiento de la energía solar; el aire se hace circular mediante ventiladores eléctricos. El montaje de las instalaciones y del equipo tiene un costo menor que en los casos

anteriores, y la operación es muy sencilla y de bajo costo. Resulta de 10 a 5 veces más barato que los otros que emplean calefacción artificial (ICAITI-ROCAP 1986). Accesible al pequeño y mediano productor, bajo consumo de energía convencional, mantenimiento sencillo y no contamina el ambiente. Puede incorporar un quemador de desperdicios para calentar aire dentro del secador, importancia de orientación e inclinación, capacidad en volumen del secador depende de la demanda, se deben considerar dimensiones especiales de madera, que no excedan los 15 m³ porque la eficiencia disminuye (Cortés 1977). El aire seco tiene la propiedad de absorber humedad del ambiente, hasta saturarse; y entre más alta sea su temperatura, mayor cantidad de humedad puede absorber. Esta es la propiedad que se aprovecha para secar las piezas de madera, haciendo circular aire seco y caliente entre ellas. El aire exterior se hace entrar a una cámara de calentamiento, en la que sube su temperatura y de la que circula hacia la cámara de secado en que están colocadas las piezas de madera. Pasa entre ellas, cargándose de humedad, y es forzado hacia el exterior. El calor que se produce dentro de la cámara caliente, provoca dos fenómenos simultáneamente por un lado, aumenta la temperatura del aire; por otro lado, irradia calor hacia la cámara de secado y aumenta la temperatura superficial de la pieza de madera, con lo que se evapora el agua que, del interior de la pieza, ha migrado a su superficie. Como la calidad y rapidez del secado de la madera dependen principalmente de las condiciones de humedad del aire dentro de la cámara de secado, esas condiciones deben ser controladas y ajustadas periódicamente por el usuario. Eso exige que se instalen controles de humedad y de temperatura dentro del secador. Para hacer circular el aire dentro del secador, se instalan ventiladores eléctricos. Sin la ventilación, prácticamente, el secado no puede realizarse (ICAITI-ROCAP 1986).

Figura 15. Corte del secador solar



(Benítez 1993)

11. Los métodos químicos de secado. Ciertos solventes orgánicos tienen la capacidad de extraer el agua contenida en la madera; otras sustancias, como algunas sales higroscópicas, propician el movimiento de la humedad del interior hacia la superficie de la madera. El secado mediante solventes químicos consiste en someter a la madera, a la acción de un líquido que tiene una alta afinidad con el agua y es miscible en ella. El solvente más utilizado es la acetona, que puede aplicarse mediante aspersión. También se puede efectuar el proceso por inmersión de la madera dentro del solvente.

En cualquier forma de exposición de la superficie húmeda de la madera, el agua tiende a mezclarse con el solvente dada la gran afinidad existente entre las dos sustancias. De esta manera, es posible extraer la humedad y secar la madera. El proceso en sí no requiere la aplicación de calor, aunque se acostumbra calentar el solvente a unos 45° a 50°C con el objeto de aumentar la tasa de extracción de agua, debido a la rápida transferencia de calor del solvente a la madera. En una planta en el Estado de Oregón, se ha venido secando *Pinus ponderosa* desde 1933.

El proceso se efectúa de la siguiente manera: el pino se apila de punta dentro de una autoclave o cámara hermética y se le aplica acetona permanentemente, por aspersión. La mezcla de acetona, agua y algunos extractivos es recirculada, pero una parte de esa mezcla es sometida a destilación para recuperar la acetona y separar el agua de los extractivos. En un segundo paso, se inyecta aire caliente sobre la madera para completar el secado y remover completamente la acetona. Este sistema es una alternativa técnica y económicamente atractiva cuando la remoción de extractivos, como la resina, mejora la calidad de la madera y cuando dichos subproductos tienen valor comercial. Este método es poco apropiado para madera de duramen o maderas impermeables, ha demostrado ser ventajoso por las siguientes razones: es mucho más rápido que los sistemas tradicionales (entre la cuarta parte y la mitad del tiempo en cámaras de secado), se pueden obtener simultáneamente algunos subproductos comerciales como resinas y taninos, con rendimientos entre 20 y 60 Kg. por metro³ de madera, la madera así secada queda relativamente libre de defectos y la madera de algunas especies resinosa mejora de calidad al extraérsele la resina.

El secado con sales se refiere a la utilización de sustancias higroscópicas que actúan, no como agentes desecadores, sino como reguladores de la tasa de

evaporación de la humedad y, consecuentemente, alivian los esfuerzos de tensión generados durante el secamiento al aire libre o en cámaras de secado. No es de por sí un proceso de secado; es un tratamiento que mejora las condiciones de secamiento de la madera. Las sustancias utilizadas son la sal común, glicoldietileno, melazas y otros azúcares de bajo grado, urea, urea formaldehído, etc. Dichas sustancias se pueden aplicar mediante inmersión, brochado o remojo en una solución acuosa concentrada o mediante la aspersión de la sal directamente sobre cada superficie de madera apilada sin separadores, como si saliese del proceso de aserrado. El tratamiento más eficiente es por inmersión, pero es también el que requiere la mayor inversión. El más usado es la aspersión y también es el más económico.

Sea cual fuere el sistema de aplicación, la superficie de la pieza de madera debe quedar impregnada hasta una profundidad equivalente a una décima parte de su espesor, de tal forma que la mayor concentración quede en la superficie o muy cerca de ella. Con este método, se reducen los defectos ocasionados por la contracción de la madera, como son las grietas superficiales. Esto se debe a que las sales higroscópicas bajan la presión de vapor conservando una humedad en la superficie más alta que la normal. El tratamiento con sales no presenta ventajas que justifiquen su utilización, puesto que en sí representa un mayor costo y una mayor duración, ya que requiere varios días. Un tratamiento más reciente que el secado con sales consiste en la utilización del glicol polietileno (PEG) de alto peso molecular, que es una sustancia soluble en agua, parecida a la emulsión de cera. Mediante el glicol polietileno 1000, se estabiliza la madera al penetrar dentro de las cavidades celulares por difusión y consecuentemente se evitan defectos tales como grietas superficiales, rajaduras y deformaciones, pues actúa como agente de secamiento. Además, en altas

concentraciones, evita pudriciones y no afecta significativamente las propiedades de encolado y acabado de la madera. La aplicación de este producto se hace por inmersión en soluciones acuosas al 30% en peso; también, dependiendo de la pieza de madera, se puede aplicar con brocha en capas sucesivas. El calentamiento de la sustancia favorece generalmente la impregnación y reduce los tiempos de tratamiento. El PEG se aplica a la madera en estado verde, a medida que éste penetra por difusión en la cavidad celular, reemplaza el agua allí existente y contrarresta la contracción de la pared celular durante el proceso de secado (Junta del Acuerdo de Cartagena 1989).

12. El secado con vapores orgánicos. Este sistema consiste en exponer la madera dentro de una autoclave a la acción de vapores producidos por líquidos orgánicos como el xilol y el percloroetileno, cuyo punto de ebullición es mucho más alto que el del agua. Los vapores calientes se condensan en la superficie de la madera calentándola y promoviendo la evaporación del agua libre. La tasa de secado se incrementa a medida que la madera se calienta y se forma un gradiente de humedad de afuera hacia adentro, debido a que el agua se evapora en las superficies. Dentro de una autoclave similar a los utilizados para la inmunización, la madera alcanza temperaturas hasta de 150°C. La mezcla de vapor de agua y solvente se extrae del autoclave y se condensa. Los dos líquidos se separan por gravedad, de tal manera que el solvente retorna al sistema de secado y el agua se puede medir para controlar el proceso. Al final del secado, se aplica vacío para extraer el solvente de la madera y completar su secamiento.

El secado con vapores orgánicos fue patentado para secar postes de conducción eléctrica y traviesas para ferrocarril. El acondicionamiento para estos materiales hasta

una humedad aproximada al 35%, se logra en unas 10 a 16 horas, según el tipo de madera. Una ventaja de este sistema consiste en que dentro de la misma autoclave, se puede continuar con la inmunización por el sistema de vacío-presión, lo cual ahorra costos de manipuleo. Las instalaciones para el secado con vapores orgánicos son costosas y requieren de mano de obra especializada (Junta del Acuerdo de Cartagena 1989).

13. El secado por aplicación directa de la electricidad. El secado por resistencia eléctrica se basa en el principio del calor generado por la resistencia que opone la madera al paso de una corriente eléctrica y el rápido incremento de la resistencia con la disminución del contenido de humedad. Cuando se aplica corriente eléctrica continua, se presenta el fenómeno electrolítico y mientras que en la cara en contacto con el cátodo, el contenido de humedad baja a la zona de saturación de las fibras, en la cara opuesta en contacto con el ánodo, se concentra la humedad y alcanza un contenido superior al 100%. Al colocar la madera en un campo de corriente alterna de alta frecuencia, a más de un millón de ciclos por segundo, se calienta a una temperatura superior al punto de ebullición del agua debido a la fricción molecular ocasionada por la oscilación de sus moléculas. La tasa de calentamiento depende de las propiedades dieléctricas y el calor específico de la madera y además de la potencia de la corriente eléctrica disponible. Cualquier madera húmeda se calienta rápida y uniformemente a través de su sección transversal. La tasa de calentamiento varía, según la especie, entre 5° y 20°C. por minuto. Como se presentan pérdidas de calor y se produce enfriamiento de las superficies debido a la evaporación de la humedad, la distribución de la temperatura decrece de adentro hacia afuera, es decir, en forma

opuesta a la que ocurre en el secamiento convencional. Después del período de calentamiento, la temperatura se nivela por encima de los 100°C. y debajo de la zona de saturación de las fibras, ésta se incrementa. El secado tarda entre dos y cuatro horas en maderas permeables, en las cuales el movimiento del agua libre y el vapor de agua se hace sin dificultad. En maderas poco o nada permeables, o sea, en aquellas con estructura cerrada y densa, en las cuales el movimiento del agua es restringido, se desarrollan altas presiones internas y se eleva la temperatura mucho más allá del punto de ebullición del agua, produciéndose como consecuencia explosiones y rupturas internas. Por lo tanto, las maderas densas secadas con este proceso están expuestas a daños considerables. Entre algunas de las consideraciones técnicas de este sistema están: el mayor costo está representado por el costo del generador y su mantenimiento; la frecuencia del generador debe ser adaptada a los incrementos de voltaje deseados; la distancia entre los electrodos o entre éstos y la madera debe ser calculada para cada caso; cada programa de secado debe ser investigado según la especie de madera; únicamente es apropiado para maderas permeables al vapor de agua y en general se puede afirmar que no conviene para secar madera de duramen.

El uso comercial del calentamiento por radiofrecuencia en la industria de la madera, está limitado a la línea de productos laminados y al secado de artículos de madera pequeños tales como mangos de herramientas, objetos torneados, hormas para zapatos, bobinas, culatas y madera para moldes. La ventaja de utilizar radiofrecuencia para estos artículos, es que pueden secarse en pocos minutos a un contenido de humedad uniforme sin la aparición de defectos (Junta del Acuerdo de Cartagena 1989).

E. SITUACIÓN Y TENDENCIA DE LA INDUSTRIA Y DE LA COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS FORESTALES

La industria de productos forestales primarios constituye un sector dinámico que ha reaccionado ante una serie de situaciones nuevas que entrañan preocupaciones ecológicas, económicas y comerciales, innovaciones tecnológicas, así como la ubicación y las características cambiantes de sus materias primas. La industria ha hecho grandes progresos desarrollando técnicas de elaboración mucho menos perjudiciales para el medio ambiente, logrando tasas de recuperación más altas, mejorando la calidad de los productos y diversificando la utilización de las materias primas. Los avances recientes para conseguir mayores índices de recuperación, han dado lugar en muchos casos a una gran reducción de la cantidad de madera extraída de los bosques. El aumento del consumo de productos forestales, la demanda de los de mayor calidad, las variaciones en la disponibilidad de materias primas y la presión pública por los aspectos ecológicos de la ordenación, producción y elaboraciones forestales seguirán siendo elementos importantes que influyen en la tecnología y en el desarrollo de productos (FAO 1997).

Las tendencias principales en la oferta y en la demanda de productos forestales, están teniendo un importante efecto en la comercialización y estructura del mercado, tanto a nivel de empresa industrial como de comunidad. Los países industrializados y en desarrollo y los países en transición, afrontan diferentes desafíos en relación con la comercialización de los productos forestales y por ello, se están adoptando varias medidas en muchas partes del mundo para que la comercialización pueda funcionar más

eficazmente: se han reforzado o creado nuevos sistemas de información comercial, se inician o intensifican en muchas universidades y escuelas de capacitación de todo el mundo los programas de enseñanza y capacitación sobre comercialización de productos forestales y se organizan varios talleres internacionales y regionales sobre comercialización (FAO 1997).

1. Tendencias mundiales del consumo y producción de productos forestales de 1970 a 1994. El consumo y producción mundiales de productos forestales está dominado por la leña y el carbón; la madera rolliza industrial, la madera aserrada; los tableros de madera; el material de fibra para la fabricación de papel y cartón y el papel y el cartón (FAO 1997).

El consumo mundial de madera ha crecido en un 36% (alrededor de 900 millones de m³) en las dos décadas y medias pasadas, para alcanzar casi los 3400 millones de m³ en 1994. Poco más de la mitad del volumen de madera se utilizó como leña, y el resto para diversos usos industriales (FAO 1997).

La producción mundial de la mayoría de los productos forestales aumentó notablemente en volumen respecto del período de 1970-1994. Sólo la madera aserrada registró una producción inferior en 1994 a la de 1970 (FAO 1997). (Ver cuadro No.2)

La leña sigue siendo importante y de hecho seguirá aumentando su utilización, superando ahora su consumo al de la rolliza industrial. El abastecimiento de leña habrá de seguir siendo una parte central de los productos forestales y de los programas de ordenación de recursos. Dada su importancia, hay que mejorar la calidad de los datos sobre la leña. Hay que disponer de una mejor información de base sobre las procedencias de la leña

con respecto a la de los insumos industriales. La industria ha logrado aumentar la producción con menos insumos de materia prima en rollo, reciclar más materiales y utilizar más residuos. De lo que se desprende que en los países en desarrollo, debiera inducirse un proceso análogo de suerte que puedan gozar sin crear tensiones innecesarias en los recursos forestales. La concentración de la producción y el consumo es una característica permanente del panorama de los productos forestales industriales. El crecimiento reciente de Asia se está produciendo en una región que tiene recursos forestales muy limitados con respecto a sus grandes necesidades; por lo tanto, el crecimiento del consumo dependerá allí mucho más del comercio que en otras regiones importantes (FAO 1997).

2. Comercio internacional de productos forestales. Entre 1970 y 1994, sólo un 6 a 8 % de la producción mundial de madera en rollo se comercia internacionalmente. No obstante, la importancia del comercio internacional de productos forestales depende claramente del valor de las exportaciones de los productos forestales primarios. Para algunos países, las exportaciones de productos forestales son de gran trascendencia como fuente de ingresos de divisas. Ha habido una constante tendencia al alza tanto en el volumen como en el valor de las exportaciones de productos forestales a partir de 1970. Una característica del comercio mundial de productos forestales es el predominio de los países desarrollados, tanto en exportaciones como importaciones. En términos de valor, los países desarrollados contribuyeron al 81% de las exportaciones totales en 1994; del lado de la importación, les correspondió un 79% (FAO 1997).

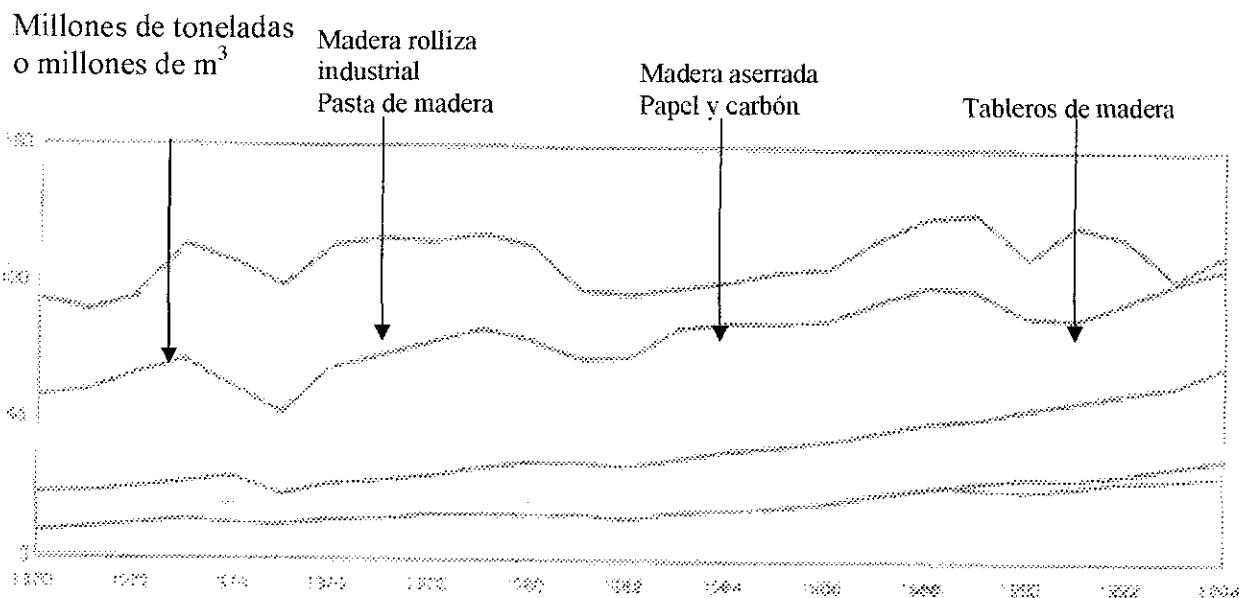
Cuadro No. 2 Producción y consumo mundial de productos forestales: 1970, 1980, 1990 y 1994.

Producción	Total mundial	1970 desarrollados	En desarrollo	Total mundial	1980 desarrollados	En desarrollo	Total Mundial	1990 desarrollados	En desarrollo	Total mundial	1994 desarrollados	En desarrollo
Lana y carbón (millones m)	1185	187	998	1478	234	1244	1780	324	1546	1891	191	1700
Madera industrial en rollo (millones m)	1278	1070	208	1452	1114	338	1718	1318	401	1467	1051	417
Madera aserrada	415	361	54	451	361	90	505	395	110	413	303	110
Tableros de madera (millones m)	70	63	6	101	87	14	124	100	24	127	92	36
Total material fibra (millones t)	134	124	10	179	160	19	249	210	39	271	219	52
Papel y cartón (millones t)	126	118	9	170	151	20	240	200	40	269	213	57
Consumo												
Lana y carbón (millones m)	1185	187	998	1478	236	1242	1782	238	1544	1890	193	1697
Madera industrial en rollo (millones m)	1277	1099	178	1455	1142	313	1713	1328	384	1476	1070	406
Madera aserrada	414	361	53	449	359	90	508	398	110	411	298	112
Tableros de madera (millones m)	70	66	4	100	88	12	124	106	18	126	97	30
Total material fibra (millones t)	134	123	10	179	157	21	249	204	45	271	211	60
Papel y cartón (millones t)	126	113	13	169	143	25	240	193	47	267	199	67

(FAO 1997)

Figura 16. Tendencias en las exportaciones de productos forestales, 1970-94.

(Productos forestales en millones de m³; productos de fibra en millones de toneladas)



(FAO 1997)

Figura 17. Importaciones de productos forestales: porcentajes regionales de 1994 (en valor)

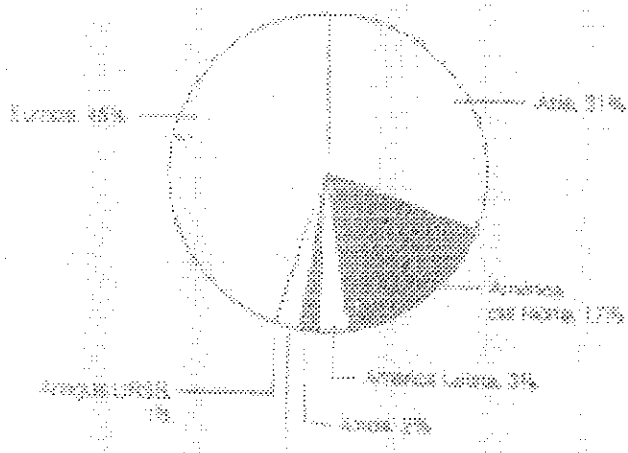
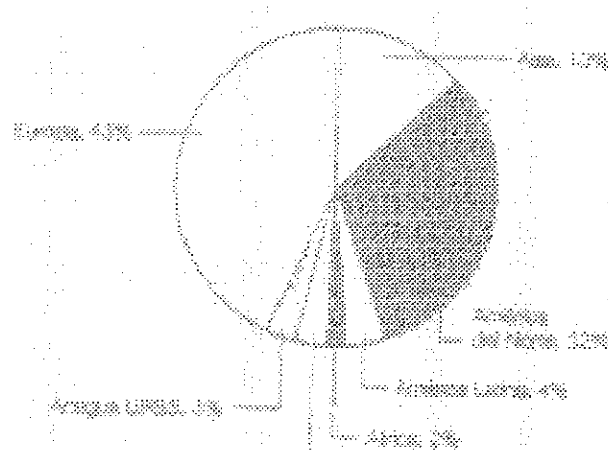


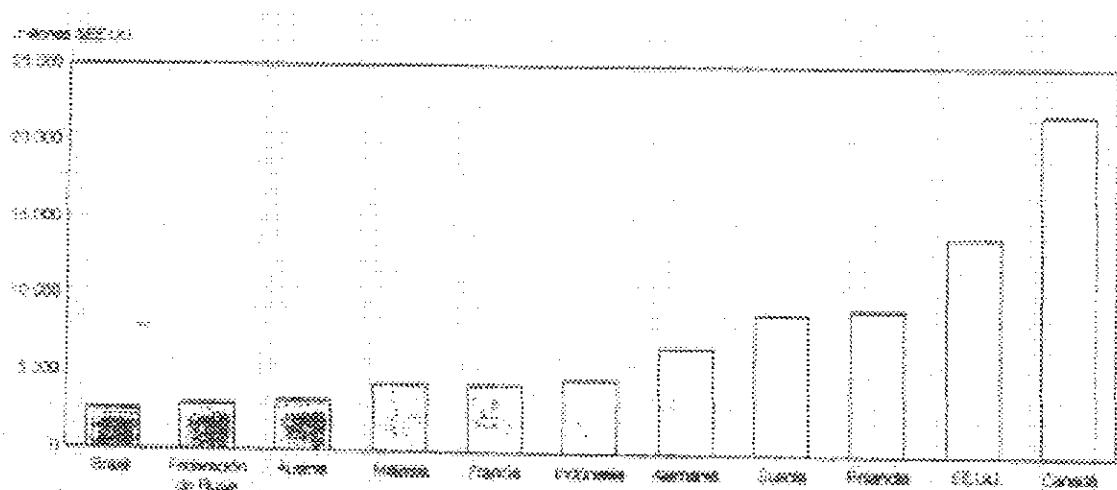
Figura 18. Exportaciones de productos forestales: Porcentajes regionales en 1994 (en valor)



(FAO 1997)

Otra característica importante del comercio internacional de productos forestales es que, aunque son muchos los países que intervienen, sólo unos pocos contribuyen al grueso de las importaciones y exportaciones (FAO 1997).

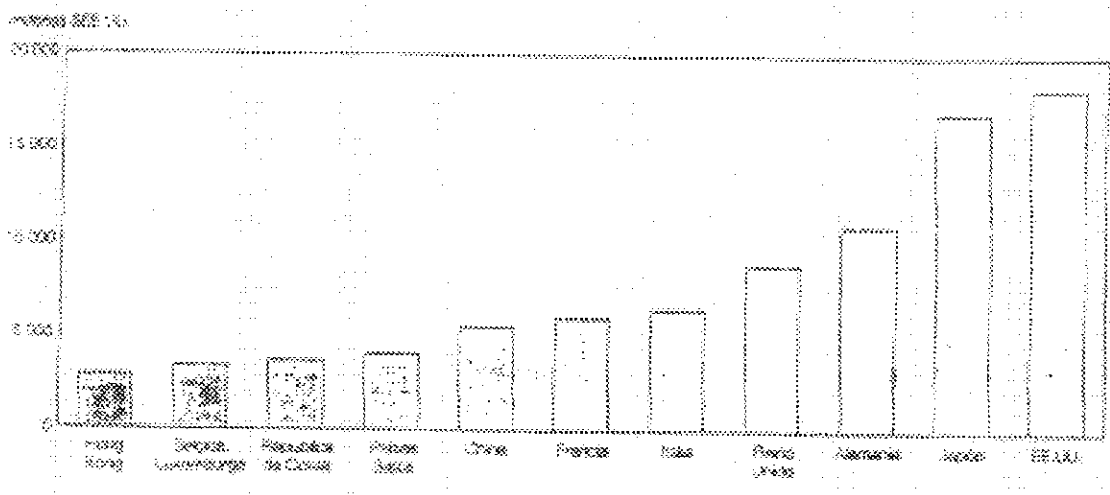
Figura 19. Principales importadores de productos forestales, 1994



(FAO 1997)

Ha habido modificaciones en la dirección del comercio, lo que responde a toda una serie de factores, sobre todo a cambios en las pautas de consumo; a variaciones en la disponibilidad de recursos procedentes de bosques naturales, a decisiones en materias de inversiones; desarrollo de nuevas tecnologías; preferencias comerciales; cambios de orden político, económico y social; reajustes de política; y las actitudes recientes ante cuestiones de ecología. Entre los cambios importantes que se han observado en las corrientes de comercio figuran: la aparición de una gran expansión de las exportaciones de trozas por varios países en desarrollo; un aumento general en las

Figura 20. Principales exportadores de productos forestales, 1994



(FAO 1997)

exportaciones de trozas desde 1990; un aumento de las corrientes de comercio entre países en desarrollo; un aumento de las exportaciones latinoamericanas de todos los productos; un aumento del comercio por los países exportadores de maderas blandas del hemisferio Sur; la expansión de las importaciones realizadas de todas las procedencias por China, Tailandia y República de Corea; un incremento del comercio de productos más preciados entre otros (FAO 1997).

La perspectiva del comercio mundial de productos forestales se orienta hacia un aumento tanto de los volúmenes comerciales brutos como, en proporción, de la producción. El aumento del comercio se fundamentará en dos razones principales. En primer lugar, se prevé que muchos países continuarán a dar prioridad al desarrollo de su capacidad para la elaboración y transformación industriales, en lugar de exportar madera en rollo y pasta, continuando el rápido declino de las exportaciones de productos semielaborados, ya que los productores tratan de aumentar el valor

añadido de los materiales no elaborados. Por ejemplo, una mayor proporción de productos, como la madera aserrada y los tableros, serán objeto de una mayor elaboración para fabricar muebles y productos de ebanistería. En segundo lugar, se prevé una expansión de los mercados internos en una serie de países en desarrollo, en correspondencia a la maduración y crecimiento de sus economías. El crecimiento de tales mercados permitirá una economía de escala para el procesamiento, el diseño, la elaboración y distribución de los productos forestales. Además, el aumento de la especialización, de la segmentación del mercado y de la competitividad traerá consigo mayores niveles de comercialización tanto interregional como internacional. Por lo que respecta a la oferta, los factores que determinarán una mayor producción de madera en rollo y de productos diferirán ampliamente de unos a otros países. En algunos, el aumento de la producción de madera en rollo se basará en factores relacionados con la oferta, como la apertura de nuevas zonas de bosque y la maduración de importantes recursos de las plantaciones. Sin embargo, por lo general, será el aumento de la demanda derivado de unas tasas elevadas de crecimiento económico el que impulsará la producción. En los países en los que exista un fuerte incremento de la demanda, y particularmente en aquellos cuyos recursos forestales son limitados, los productores comenzarán a considerar la posibilidad de utilizar una gama más amplia de materia prima de madera y fibra que en el pasado. Se prevé que los precios no aumentarán significativamente durante el período analizado. Muchas regiones poseen una amplia o excesiva capacidad de elaboración de los productos madereros. La actual desaceleración económica a nivel mundial, mitigará la presión de los precios al consumo. En casos especiales, puede que haya una presión al alza en los precios de determinados tipos de madera, pero tales aumentos resultarán limitados

por la disponibilidad de madera más barata y de sustitutos de la madera. No se prevén cambios importantes en la estructura del comercio, aparte la tendencia actual hacia la elaboración de la madera en bruto en los países productores, lo cual conllevará una disminución del comercio de productos madereros semielaborados y preparados, y un aumento en el de aquellos de mayor calidad (FAO 1999).

3. Perspectivas mundiales de los productos forestales. Como todas las proyecciones, estas proyecciones provisionales y los datos empleados deben considerarse en su contexto y con cautela. Cabe prever un notable crecimiento para todos los productos salvo la madera aserrada, que probablemente mantendrá su lento crecimiento. América del Norte, Asia y Europa afianzarán su predominio en materia de productos forestales. Dentro de este grupo, Asia aumentará su porcentaje de consumo y producción. La demanda resulta impulsada en gran parte por los ingresos en todas las tres regiones. La capacidad general de América del Norte para cubrir todas sus necesidades de productos forestales, seguirá inalterada. Los excedentes de esta región seguirán siendo importantes para ayudar a cubrir los déficit de otras regiones, sobre todo de Asia; Asia, a pesar de registrar los aumentos más rápidos del mundo en producción local, verá crecer aún más sus déficit comerciales; en cuanto al equilibrio entre demanda/oferta, Europa seguirá ocupando el terreno propicio en que todavía se mueve respecto de Asia y América del Norte. La gran población rural de África crea especiales necesidades de leña, productos forestales no madereros y de madera comercial. El consumo de leña seguirá siendo un fenómeno diseminado por el mundo en desarrollo, pero el centro de gravedad de los productos forestales industriales continuará centrándose en la cuenca del Pacífico (FAO 1997).

Mientras las proyecciones apuntan a una situación de no crisis en cuanto a cubrir la demanda, para asegurar unos suministros suficientes, hará falta un compromiso de continuar con el establecimiento de recursos forestales adicionales y con la extensión de la ordenación a la gran proporción de bosques actuales que todavía no son objeto de manejo en absoluto. El hecho de que el cuadro global trazado pueda insinuar que no existe necesidad de preocuparse mucho, no debe distraer la atención de las necesidades urgentes de muchos países en desarrollo concretos y de lugares donde escasea la leña. Este producto no es objeto de comercio internacional y los países carecen de suficientes recursos financieros para mejorar su situación. Por lo tanto, esos países no pueden solucionar su escasez de modo alguno, salvo creando sus propios recursos nuevos y conteniendo la demanda. En la región desarrollada de América del Norte, los suministros virtualmente escasos de madera blanda ofrecen la oportunidad de ampliar el aprovechamiento a las maderas duras. Sin embargo, dado que se trata de una situación transitoria, tal vez no resulte viable el ajuste de la infraestructura industrial a una materia prima diferente. Esto podría llevar consigo la exportación de maderas duras y la importación de maderas blandas hasta que maduren lo suficiente las plantaciones de coníferas. La posibilidad de que los suministros de madera sean suficientes para cubrir necesidades futuras, presupone el mantenimiento de políticas forestales equilibradas que permitan una explotación industrial continuada mientras que se atiende también a las necesidades medioambientales y de esparcimiento. La política ha de preocuparse de la sostenibilidad; es necesario contener la demanda dentro de las posibilidades de la oferta. Hace falta claramente una mejora en materia de ordenación. La deforestación sigue siendo elevada en algunas regiones y los daños de la contaminación en otras.

La importancia respectiva que se dé a la oferta de madera o a otras funciones de los bosques tendrá que reflejar, sin embargo, las opciones públicas y los valores sociales y por lo tanto podrá diferir entre regiones o incluso países o dentro de ellos (FAO 1997).

Cuadro 3. Proyecciones regionales provisionales de la FAO para 1996 relativas al consumo para el año 2000 y 2010

Región / año	Consumo Proyectado								
	Rolliza total	Leña y carbón vegetales	Rolliza industrial	Madera aserrada y traviesas	Tableros de madera	Total material de fibra	Papel recuperado	Otra pasta de fibra	Papel y carbón
África									
1994	490	502	59	9	1,60	2,30	0,84	0,18	3,70
2000	539	472	67	10	1,80	3,04	1,13	0,26	4,39
2010	605	526	79	12	2,40	4,03	1,64	0,35	5,50
Tasas de crecimiento (% anual)									
1970-1990	2,73	2,76	2,51	2,97	3,72	5,45	4,61	3,85	4,27
1994-2010	1,33	1,23	2,01	1,97	3,09	3,56	4,30	4,03	2,61
América del Norte y Central									
1994	727	161	577	149	40,80	105,17	31,20	0,32	95,86
2000	754	146	608	155	43,31	113,64	38,10	0,37	106,15
2010	792	134	658	167	49,29	132,78	53,58	0,50	124,76
Tasas de crecimiento (% Anual)									
1970-1990	2,17	5,48	1,62	1,84	1,55	2,22	3,29	-1,41	2,37
1994-2010	0,54	-0,72	0,83	0,70	1,20	1,47	3,44	2,89	1,66
América del Sur									
1994	320	258	110	24	3,60	8,32	2,65	0,38	9,70
2000	344	232	112	26	4,04	10,32	3,56	0,51	11,51
2010	379	261	118	29	4,87	12,92	5,00	0,65	14,29
Tasas de crecimiento (% Anual)									
1970-1990	2,97	2,15	4,97	3,39	5,15	5,14	5,54	3,53	4,02
1994-2010	1,06	1,36	0,44	1,25	1,90	2,79	4,04	3,42	2,45
Asia									
1994	1168	878	314	112	36,10	77,38	32,86	19,59	80,92
2000	1267	9299	338	114	41,60	95,35	42,29	26,62	101,92
2010	1401	1031	370	119	53,53	138,68	69,10	40,96	148,10
Tasas de crecimiento (% Anual)									
1970-1990	1,91	1,81	2,19	1,79	4,33	5,84	8,12	7,56	6,05
1994-2010	1,15	1,18	1,04	0,39	2,59	3,71	4,76	4,72	3,85
Oceania									
1994	30	9	22	7	1,63	2,83	0,91	-----	3,68
2000	34	8	25	6	1,95	3,81	1,32	-----	4,27

2010	36	8	28	6	2,43	5,36	2,11	-----	5,35
Tasas de crecimiento (% Anual)									
1970-1990	1,42	2,07	1,19	0,16	3,04	1,99	2,17	8,38	2,97
1994-2010	1,10	-0,45	1,62	-1,10	2,54	4,07	5,41	2,74	2,37
Europa									
1994	352	52	302	87	38,50	71,56	29,91	0,24	70,19
2000	378	47	332	96	43,39	80,85	37,06	0,33	80,24
2010	412	40	371	104	51,18	95,95	41,81	0,38	93,20
Tasas de crecimiento (% Anual)									
1970-1990	0,68	-1,41	1,07	0,57	3,09	2,55	4,37	-5,08	2,70
1994-2010	0,99	-1,29	1,30	1,12	1,81	1,85	2,98	2,93	1,79
Antigua URSS									
1994	123	31	93	23	4,18	3,70	1,00	-----	2,46
2000	195	51	145	34	7,26	6,01	1,57	-----	4,23
2010	211	53	159	38	8,91	6,66	1,91	-----	4,78
Tasas de crecimiento (% Anual)									
1970-1990	0,07	-0,32	0,19	-0,64	4,06	2,93	6,72	1,28	2,36
1994-2010	3,45	3,33	3,43	3,04	4,85	4,03	4,37	-----	4,23
Total Mundial									
1994	3210	1890	1476	411	126,40	271,30	99,32	20,72	266,50
2000	3512	1885	1627	442	143,35	313,04	125,03	28,16	312,71
2010	3836	2052	1784	474	172,62	396,39	181,16	42,93	395,99
Tasas de crecimiento (% Anual)									
1970-1990	1,73	2,00	1,48	1,03	2,88	3,16	5,08	4,93	3,28
1994-2010	1,12	1,05	1,20	0,90	2,01	2,40	3,83	4,66	2,51

A Total de material de fibra = pasta de madera + papel recuperado –otra pasta de fibra no maderera.

(FAO 1997)

En la producción y consumo de productos madereros industriales, siguen destacando claramente las regiones desarrolladas. La FAO prevé que desde el momento presente hasta el año 2010, la demanda de madera en rollo industrial aumentará del 1.7% anual, como consecuencia del crecimiento demográfico y económico. Aunque los estudios realizados recientemente indican que existen suministros suficientes para cubrir esta demanda, la situación no será la misma en todos los países y dependerá en gran medida de las condiciones del mercado, las políticas oficiales, las mejoras tecnológicas y el desarrollo de los recursos humanos. Previsiblemente, la producción de madera en rollo industrial seguirá siendo superior

al consumo en todas las regiones, con la excepción de Asia, que continuará dependiendo de las importaciones para cubrir el déficit. Se espera que se mantengan una serie de tendencias recientes, que contribuirán a satisfacer la demanda de productos de madera elaborados, a saber: una mejor ordenación de los bosques destinados a la producción de madera; una mayor producción de las plantaciones forestales y los terrenos arbolados situados fuera de los bosques, particularmente en las tierras de cultivo; nuevas tecnologías en la esfera de los productos forestales y mayor eficiencia en la elaboración de la madera; aumento de la utilización de papel recuperado y de residuos generados en el proceso de elaboración de la madera; empleo creciente de madera y fibra procedente de especies “no forestales” (por ejemplo, caucho y palma de aceite) en las industrias forestales. El comercio permitirá cubrir el déficit de fibra de madera en algunos lugares con los excedentes conseguidos en otras partes. La crisis económica asiática, que comenzó a dejarse sentir a mediados de 1997, ha perturbado gravemente el comercio de productos forestales en la región de Asia y el Pacífico. Sus principales repercusiones en los países de la región han sido: la reducción de la demanda de todo tipo de productos forestales; la mayor competitividad de los países exportadores cuyas monedas han sido depreciadas; el descenso de los precios de los productos forestales en toda la región; la disminución de los ingresos en el sector forestal, que ha dado lugar a una menor extracción de madera, al cierre de fábricas y al despido de trabajadores. Aunque los mercados asiáticos de la madera han sido los más afectados, los efectos han trascendido fuera de los límites de la región para extenderse a una serie de países que tienen una fuerte dependencia comercial de los mercados de Asia o que compiten con

ellos. Se han visto así afectados exportadores de diversos lugares, desde África a Nueva Zelanda o América del Norte y del Sur (FAO 1999).

Cuadro 4. Producción / consumo mundial de productos forestales por categorías en 1996 y 2010

Categoría de producto	Producción / consumo		Crecimiento total 1996 – 2010 (%)	Crecimiento anual 1996 / 2010 (%)
	1996	2010		
Madera en rollo industrial (millones)	1,490	1,872	26	1.7
Madera aserrada (millones)	430	501	17	1.1
Tableros de madera (millones)	149	180	20	1.3
Pasta (millones de toneladas)	179	208	16	1.1
Papel y cartón (millones de toneladas)	284	394	39	2.4

(FAO 1999)

4. Cambios recientes en la política, la legislación y el marco institucional forestales. Entre las tendencias patentes en lo que respecta a la reforma de la política forestal, cabe señalar las medidas encaminadas a privatizar los recursos forestales de propiedad estatal y las empresas forestales públicas, descentralizar determinadas funciones de las administraciones del gobierno central y suprimir algunas subvenciones improcedentes, incluso la fijación de precios excesivamente bajos en las concesiones forestales. En los últimos años, se ha registrado una aceleración considerable en la revisión de leyes relativas al sector forestal en todo el mundo. Los cambios legales introducidos reflejan la firme decisión de: promover la ordenación local de los bosques; potenciar las funciones ambientales de los bosques; reforzar la planificación de la ordenación forestal y, a través de ella, tomar más claramente en consideración los aspectos ambientales y sociales en los planes de ordenación y apoyar la participación pública en el proceso de planificación; realizar con mayor

transparencia la adjudicación de las concesiones forestales. Los cambios institucionales adoptados en el sector forestal, se han ajustado a estas tendencias de política y legislativas, particularmente los referentes a la descentralización y delegación de las funciones de la ordenación forestal en el plano local, así como a la privatización. La tendencia hacia la descentralización y privatización también influye en los sistemas de investigación forestal. La enseñanza y extensión forestales se están adaptando a los nuevos objetivos, a la existencia de nuevos propietarios y/o nuevos encargados de la gestión, y a las inquietudes de un número creciente de grupos interesados (FAO 1999).

5. Situación nacional de los productos forestales. Según las estadísticas forestales proporcionadas por el Instituto Nacional de Bosques, el monto total de exportaciones fue de 36,833,595.09 US \$ y el monto total de las importaciones.

Las importaciones fue de 276,968,186.34 US \$ por lo que la balanza comercial forestal fue de - 240,134,591.25 US \$ (INAB 2000).

Cuadro 5. Balanza comercial forestal por país.

PAÍS	EXPORTACIÓN MONTO (US\$)	IMPORTACIÓN MONTO (US\$)	BALANZA COMERCIAL FORESTAL MONTO (US\$)
AFGANISTÁN	-----	43.47	-43.47
ALEMANIA	37,518.00	1,917,020.39	-1,879,502.39
ARGENTINA	-----	969,171.24	-969,171.24
AUSTRALIA	-----	33,475.34	-33,475.34
AUSTRIA	-----	54,593.80	-54,593.80
BAHAMAS	37,225.00	-----	37,225.00
BÉLGICA	45,450.00	413,231.68	-367,781.68
BELICE	39,683.65	525.00	39,158.65
BOLIVIA	-----	1,459.54	-1,459.54
BRASIL	-----	2,768,757.39	-2,768,757.39
CANADA	72,684.00	11,614,617.47	-11,541,933.47
COLOMBIA	-----	1,840,606.91	-1,840,606.91
COREA DEL SUR	-----	2,436,671.59	-2,436,671.59
COREA REP. DEM.	-----	61,588.42	-61,588.42
COSTA RICA	594,173.90	32,587,078.86	-31,992,904.98
CUBA	109,119.63	6,160.99	102,958.64
CURACAO	8,400.00	-----	8,400.00
CHILE	20.00	1,278,810.66	-1,278,790.66

CHINA	-----	142,332.85	-142,332.85
DINAMARCA	3,300.00	31,392.54	-28,092.54
ECUADOR	-----	61,034.90	-61,034.90
EL SALVADOR	9,094,058.59	20,368,583.19	-11,274,524.60
ESPAÑA	178,154.84	1,508,657.34	-1,330,502.50
ESTADOS UNIDOS	15,246,786.43	141,453,677.10	-126,206,890.67
FELIPINAS	-----	27,330.50	-27,330.50
FRANCIA	314,185.00	409,918.43	-95,733.43
HAITÍ	19,260.00	-----	19,260.00
HAWAI	-----	1,562.99	-1,562.99
HOLANDA	18,919.75	54,141.50	-35,221.75
HONDURAS	2,155,740.77	13,580,089.00	-11,424,348.23
HONG KONG	357.00	1,635,764.76	-1,635,407.76
INDIA	-----	110,490.69	-110,490.69
INDONESIA	-----	21,425.01	-21,425.01
INGLATERRA	14,745.00	142,139.92	-127,394.92
IRLANDA	9,800.00	121.30	9,678.70
ISLAS VIRGENES	10,500.00	-----	10,500.00
ISRAEL	-----	13,045.23	-13,045.23
ITALIA	3,149,471.40	698,621.56	2,450,849.84
JAPÓN	547,235.66	143,184.76	404,050.90
MALASIA	-----	205,100.09	-295,100.09
MEXICO	2,377,599.27	23,784,432.99	-21,406,833.72
NICARAGUA	1,168,407.10	2,574,631.67	-1,406,224.57
NORUEGA	-----	32,081.35	-32,081.35
NEVA ZELANDA	-----	839.02	-839.02
PAKISTAN	-----	601.25	-601.25
PANAMÁ	128,956.67	5,311,836.29	-5,182,879.62
PERÚ	-----	1,515,926.03	-1,515,926.03
POLONIA	-----	55.92	-55.92
PORTUGAL	-----	2,939.40	-2,939.40
PUERTO RICO	97,555.00	5,474.16	92,080.84
REINO UNIDO	2,610.00	957,882.01	-955,272.01
REP. DOMINICANA	1,301,048.70	3,563.38	1,297,485.32
RUMANIA	-----	180,789.93	-180,789.93
SANTA LUCÍA	13,650.00	-----	13,650.00
SINGAPUR	-----	171.23	-171.23
SUDÁFRICA	-----	11,437.00	-11,437.00
SUECIA	-----	3,124,815.57	-3,124,815.57
SUIZA	225.00	345,964.33	-345,739.33
TAILANDA	-----	44,844.58	-44,844.58
TAIWÁN	24,018.73	403,199.63	-379,180.90
TANZANIA	-----	1,417.00	-1,417.00
TRINIDAD Y TOBAGO	-----	99,352.26	-99,352.26
TURQUÍA	-----	12,614.50	-12,614.50
VENEZUELA	12,736.00	1,960,890.43	-1,948,154.43
TOTAL	36,833,595.09	276,968,186.34	-240,134,591.25

(INAB 2000)

En la exportación de madera aserrada, las especies que dominan son el pino, la caoba, el cedro y el palo blanco en cuanto al volumen y al monto en US \$ (INAB 2000).

Cuadro 6. Exportación de madera aserrada, por especie

ESPECIE	NOMBRE CIENTÍFICO	VOLUMEN		MONTO (US \$)
		(M ³)	%	
Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	4.396.05	9.58	2,683,740.27
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	2.020.49	4.40	1,146,644.78
Ciprés	<i>Cupressus lusitanica</i>	24.54	0.05	4,473.73
Cola de coche	<i>Cojoba arboreum</i>	185.13	0.32	46,625.00
Conacaste	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	148.08	0.32	46,585.65
Chichipate	<i>Sweetia panamensis</i>	6.30	0.01	4,241.00
Danto	<i>Vatairea lundelli</i>	173.21	0.38	87,869.90
Guacivan	-----	91.98	0.20	19,500.00
Maderas Secundarias	-----	163.87	0.63	43,060.14
Manchiche	<i>Lonchocarpus castilloi</i>	210.35	0.46	80,167.14
Mapola	<i>Pseudobombax ellipticum</i>	176.89	0.39	48,123.47
Melina	<i>Gmelina arborea</i>	246.76	0.54	80,899.80
Palo blanco	<i>Cybistax donnell-smithii</i>	1,192.31	2.60	408,797.24
Pino	<i>Pinus spp</i>	35,422.60	77.19	4,743,062.84
Ramón	<i>Brosimum alicastrum</i>	9.43	0.02	4,000.00
Rosul	<i>Dalbergia nigra</i>	140.08	0.52	353,532.00
Sangre	<i>Virola spp</i>	142.56	0.31	18,905.13
Santa María	<i>Calophyllum brasiliense</i>	635.66	1.39	172,094.42
Otras	-----	403.64	0.88	203,003.12
Total	-----	45,889.93.	100.00	10,191,325.63

FUENTE: Delegación ventanilla única para las exportaciones.

(INAB 2000)

Cuadro 7. Exportación de productos forestales por especie

ESPECIE		VOLUMEN		MONTO (US \$)
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	(M ³)	%	
Aglomerado		219.95	0.27	1,208,237.95
Bálsamo		402.50	0.50	421,521.00
Caliandra		-----	-----	1,500.00
Cansan		48.00	0.06	12,565.00
Caoba		4,951.38	6.06	3,834,757.27
Cedrillo		-----	-----	1,116.00
Cedro		2,165.99	2.70	1,455,191.00
Cenicero		94.55	0.12	35,060.00
Ciprés		386.10	0.48	656,469.09
Cola de coche		318.90	0.40	176,485.93
Conacaste		148.08	0.18	46,585.65
Chicozapote		16.00	0.02	18,225.00
Chichipate		50.10	0.06	60,995.17
Danto		237.21	0.30	160,769.90
Encino		46.59	0.06	41,889.00
Gravilea		46.00	0.06	6,900.00

Guaciván		91.98	0.11	19,500.00
Guapinol		278.00	0.35	317,5798.17
Madre cacao		-----	-----	1,735.00
Manchiche		210.35	0.26	80,167.14
Mapola		176.89	0.22	48,123.47
Melina		390.31	0.49	146,500.40
Palo blanco		1,810.40	2.25	2,140,864.73
Pino		54,647.38	68.03	16,815,620.02
Ramón		106.11	0.13	19,000.00
Rosul		237.38	0.30	370,554.00
San Juan		79.28	0.10	64,212.00
Sangre		754.14	0.94	664,667.74
Santa María		2,256.25	2.81	1,318,215.42
Teca		99.31	0.12	78,262.10
Volador		0.04	-----	346.00
Importado		3,125.76	3.89	1,817,850.47
Otras		6,930.14	8.63	4,738,129.47
Totales		80,325.07	100.00	36,833,595.09

FUENTE: INAB-Delegación ventanilla única para las exportaciones.

(INAB 2000)

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

A. MATERIALES

Dos boletas de encuestas: una boleta destinada para recabar información sobre el secado industrial a la empresa visitada y una boleta destinada a expertos forestales de la industria de la madera.

La primera boleta (ver Anexo A) recabó como primer punto datos generales de la empresa tales como nombre, localización, producción total y listado de productos de madera secada entre otros; como segundo punto, datos de capacidad total instalada, capacidad por carga, tiempo de secado por especie o por tipo de madera (blanda, semi-dura y dura) y por último se investigó sobre la tecnología: el tipo de secador, gastos de energía y mantenimiento, condiciones del equipo y posibilidad de ampliación del proceso de secado.

La segunda boleta (ver Anexo B) recabó principalmente opiniones sobre temas como la tecnología en la industria forestal, los principales problemas que enfrenta la industria del secado de la madera, la situación actual del mercado de la madera y las perspectivas a futuro sobre la industria forestal y el proceso de secado industrial de la madera.

B. METODOLOGIA

Primera etapa de gabinete: Se realizó una revisión bibliográfica a través de la cual se recabó información sobre el tema del secado industrial de la madera consultando libros, trabajos de tesis, entrevistando personal de instituciones involucradas en el tema forestal y otras fuentes. Se visitó la Gremial Forestal para

obtener un listado de industrias que apliquen el método de secado industrial de la madera con caldera de vapor y se localizaron en un mapa de distribución de secadores industriales del país.

2. **Trabajo de campo:** Con el fin de recabar la información pertinente, se realizaron visitas a las industrias que poseen secadores industriales de caldera de vapor en los meses de agosto y septiembre y se llenó una boleta de encuesta sobre el proceso de secado industrial utilizado. Durante los meses de agosto y septiembre también se realizaron entrevistas a expertos forestales nacionales con el fin de llenar una boleta de encuesta sobre su opinión sobre la situación actual del proceso de secado industrial de la madera en Guatemala.
3. **Fase de análisis:** Durante el mes de septiembre, se analizaron los datos obtenidos de ambas boletas de encuestas para presentar un diagnóstico del estado actual del proceso de secado industrial y de la percepción de las personas entrevistadas. Los resultados de dicho análisis propusieron las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

V. RESULTADOS

A. RESULTADOS DE LA BOLETA No. 1

Las empresas visitadas, (ver Anexo "C") se localizaron en un mapa del territorio nacional (ver Anexo "D"): hay tres industrias en el departamento de El Petén en los municipios de San Benito (2) y de San Andrés (1); una industria en el departamento de Zacapa en el municipio de Estanzuela; una industria en el departamento de Sacatepéquez en el municipio de Santa Lucía Milpas Altas; una industria en el departamento de El Progreso en el municipio de Guastatoya; y dos industrias en el departamento de Guatemala, en el municipio de Guatemala.

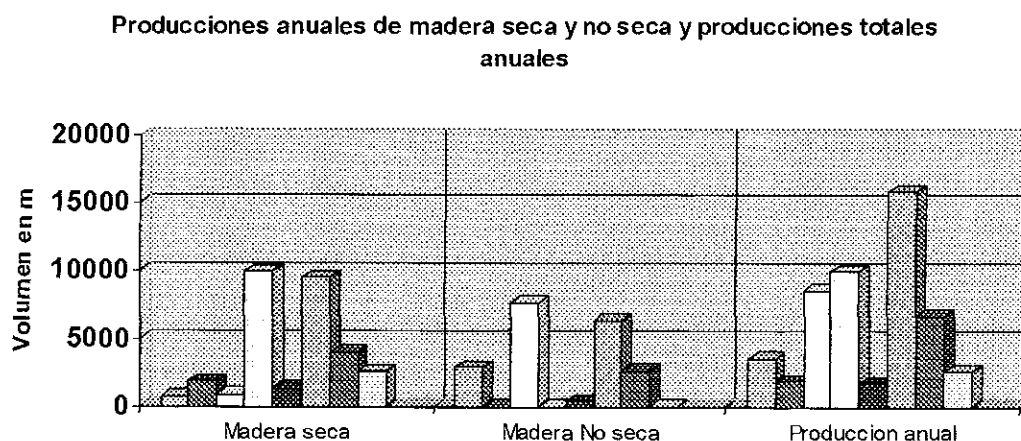
Debido a que las empresas visitadas pidieron anonimidad en cuanto al reporte de sus datos se les asignó a cada una, una letra de la A hasta la H. Los datos de producción se obtuvieron en pies tablares, los cuales fueron transformados a m^3 por ser ésta última, la unidad de medición volumétrica internacional. ($1 m^3 = 424$ pies tablares).

En el cuadro 8, se presentan los datos de producción anual de madera seca, así mismo de madera no seca y la producción total anual de madera seca y no seca de las 8 industrias visitadas. También se observan los porcentajes de madera seca y no seca en base a la producción total de cada una de las industrias. Estos datos pueden visualizarse de igual forma en la gráfica 1.

Cuadro 8. Producción anual de madera seca y madera no seca de las empresas encuestadas y sus respectivos porcentajes

Empresa	Producción anual (madera seca) en m ³ (1)	% de madera seca (2)	Producción anual (madera no seca) en m ³ (3)	% de madera no seca (4)	Producción anual total (madera seca y no seca) en m ³ (suma de 1+3)
A	707.55	20	2,830.19	80	3,537.74
B	1,811.32	100	0	0	1,811.32
C	849.06	10	7,641.51	90	8,490.56
D	9,905.66	100	0	0	9905.66
E	1,301.89	80	325.47	20	1,627.36
F	9,509.43	60	6,339.63	40	15,849.06
G	3,962.26	60	2,641.51	40	6,603.77
H	2,547.17	100	0	0	2,547.17
Total	30,594.34		19,778.30		50,372.64

Gráfico No. 1. Producción de madera seca y no seca de las industrias evaluadas.



Se puede observar que dos de las industrias entrevistadas poseen mayor producción de madera no seca, tres de ellas producen y trabajan únicamente madera seca. El resto de las industrias trabajan un porcentaje de madera seca y otro porcentaje de madera no seca.

Las empresas D y F son las que mayor producción anual de madera seca tienen y por el contrario, las empresas A y C son las que menor producción tienen. En lo

que respecta a la producción anual total, las empresas F, D y C son las que más producen, las que menos producen manejan son las empresas E, B y H.

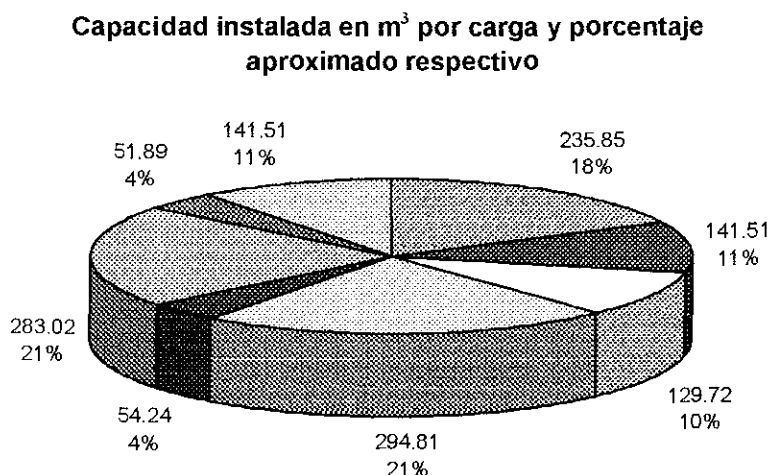
En el cuadro 9, se presentan los datos de la capacidad instalada total por carga por industria así como el porcentaje de capacidad instalada. Se calculó el número aproximado de cargas anuales por medio de los tiempos de secado tanto para coníferas como para latifoliadas, sacando un promedio y dividiendo 364 días por el número promedio de días de secado. Luego se multiplicó el número de cargas por la capacidad instalada por carga para obtener los datos de producciones anuales. Estos resultados pueden apreciarse en la gráfica 2.

Cuadro 9. Capacidad instalada de las empresas encuestadas por carga, porcentajes respectivos y capacidad anual total calculada

Empresa	Capacidad instalada total por carga en m ³	Capacidad instalada (%)	Capacidad instalada anual en m ³
A	235.85	17.70	4,481.15
B	141.51	10.62	2,688.69
C	129.72	9.73	3,372.72
D	294.81	22.12	9,728.73
E	54.24	4.07	1,410.24
F	283.02	21.24	8,490.6
G	51.89	3.90	3,787.97
H	141.51	10.62	2,547.18
Total	1,332.55	100	36,507.28

Ejemplo: Empresa A: tiempo de secado promedio 19 días; (se deja un día al año como descanso de la máquina) $364/19 = 19.15$; $19 \text{ cargas} \times 235.85 \text{ m}^3 = 4481.15$

Gráfica 2.



Las empresas que mayor capacidad instalada tienen son D, F y A; en cambio las que menor capacidad instalada poseen son G, E y C.

En el cuadro 10, se comparan la producción anual real de madera seca y la capacidad instalada anual por industria, el resultado de la comparación se observa en la columna 3. Los cálculos de la columna 3 fueron los siguientes para la empresa A por ejemplo: $(707.55 \times 100) / 4481.15 = 15.79 \%$. También se pueden observar los resultados en la gráfica 3.

Cuadro 10.

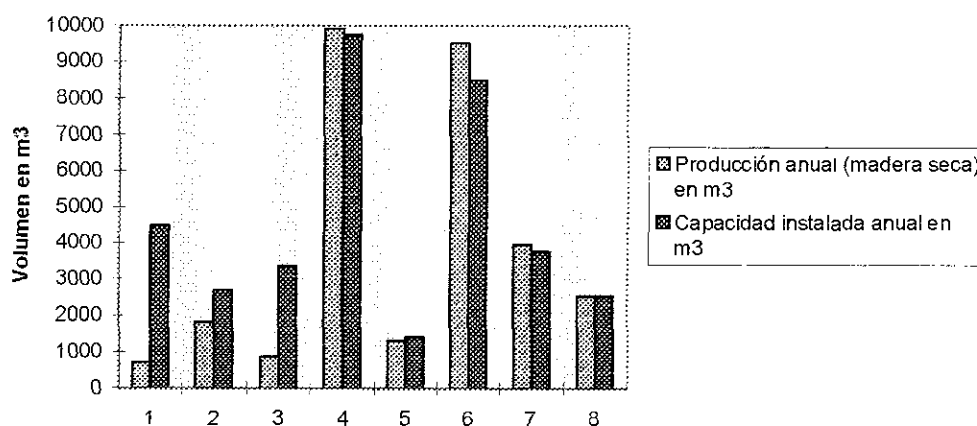
Comparación entre la producción real de madera seca y la capacidad instalada y porcentajes de capacidad utilizada

Empresa	Producción anual (madera seca) en m ³ (1)	Capacidad instalada anual en m ³ (2)	Porcentaje de capacidad utilizada (3)
A	707.55	4481.15	15.79
B	1811.32	2688.69	67.39
C	849.06	3372.72	25.17

D	9905.66	9728.73	101.82
E	1301.89	1410.24	92.32
F	9509.43	8490.6	112
G	3962.26	3787.97	104.60
H	2547.17	2547.18	100
Total	30594.34	36507.28	83.80

Gráfica 3

Comparación de la producción real y la capacidad instalada en m³



Esta comparación permite conocer si las empresas utilizan toda su capacidad instalada anual, de no ser así, se puede observar qué porcentaje de esta capacidad instalada es utilizada. Podría decirse que las empresas D, F y G sobreutilizan su capacidad instalada; sin embargo, es necesario hacer notar que la capacidad instalada se calculó de acuerdo a un tiempo de secado promedio de 19 días. Este dato hace suponer que los tiempos de secado varían según las especies y que debido a ellos, estas empresas presentan una utilización de más del 100% en lo que respecta a capacidad instalada. Las empresas que más subutilizan esta capacidad son A, C y B.

En el cuadro 11, se observan la capacidad por carga; la capacidad final luego del encogimiento o la contracción como efecto del secado y los tiempos de secado tanto para coníferas como para latifoliadas.

Cuadro 11.

Capacidad nominal y final luego del secado y tiempos de programas de secado

Empresa	Capacidad / carga en m ³	Capacidad nominal en m ³	Capacidad final en m ³	Tiempo de secado coníferas (días)	Tiempo de secado latifoliadas (días)
A	70.75 / 82.55	70.75 / 82.55	67.22 / 78.42	> 8	18-20
B	70.75	70.75	67.22	no aplica	18-20
C	94.34 / 35.38	94.34 / 35.38	92.45 / 34.67	no aplica	12-15
D	58.96	58.96	56.01	variable	Variable
E	11.79 / 30.66	11.79 / 30.66	11.44 / 29.74	12-15	12-15
F	47.17	47.17	45.28	no aplica	10-15
G	51.89	51.89	depende del grueso	3-8	no aplica
H	70.75	70.75	depende del grueso	20	20

No aplica: significa que la industria no trabaja ya sea con coníferas o latifoliadas o no las seca en horno.

La capacidad final en m³ difiere en un bajo porcentaje a la capacidad nominal para todas las empresas, lo que es un resultado normal a la hora de secado de la madera: el volumen se contrae.

Se observa que el tiempo de secado establecido para latifoliadas es mayor que el necesario para las coníferas, las especies coníferas son un poco más blandas que las especies latifoliadas.

El cuadro 12 presenta los datos tecnológicos del proceso de secado, empezando por marca y año y siguiendo con costos de energía, mano de obra, condiciones del equipo, mantenimiento y perspectivas de ampliación del proceso de secado.

Cuadro 12 Datos tecnológicos de las industrias

Empresa	Marca y año	Costos de energía	Mano de obra	Condiciones del equipo	Mantenimiento	Proceso de ampliación
A	americana/ 1988	no	capacitada	buenas	preventivo y correctivo	no
B	americana/ 1988	no	capacitada	buenas	preventivo y correctivo	no
C	americana/ 1984	no	capacitada	en instalación	----	no
D	americana y europea/ 1988	no	capacitada	buenas	preventivo y correctivo	no
E	europea/ 1970	no	capacitada	buenas	preventivo y correctivo	sí
F	europea/ 1998	no	capacitada	buenas	preventivo y correctivo	sí
G	nacional y colombiana/ 1998	no	capacitada	buenas	preventivo y correctivo	sí
H	nacional/ 1994	sí	capacitada	buenas	preventivo y correctivo	sí

Existe una fuerte presencia de equipo tipo americano (50% de las empresas la utilizan) y otra fuerte presencia de equipo europeo (tres empresas); en lo que respecta a los costos de energía, únicamente una empresa los tiene. Todas las empresas cuentan con mano de obra capacitada en el proceso de secado y las condiciones del equipo son buenas debido a que el mantenimiento es parte fundamental del proceso. La mitad de las empresas consideran ampliar el equipo en un futuro próximo.

En el cuadro 13, se observan las producciones anuales totales de madera seca y no seca para consumo nacional e internacional. En su mayoría, las personas entrevistadas no pudieron especificar qué volumen de madera seca era para consumo nacional y qué volumen de madera era para consumo internacional, lo mismo sucedió con los volúmenes de madera no seca, por lo que los datos y los porcentajes se basan en producciones totales anuales. Los datos pueden observarse también en la gráfica 4.

Cuadro 13.

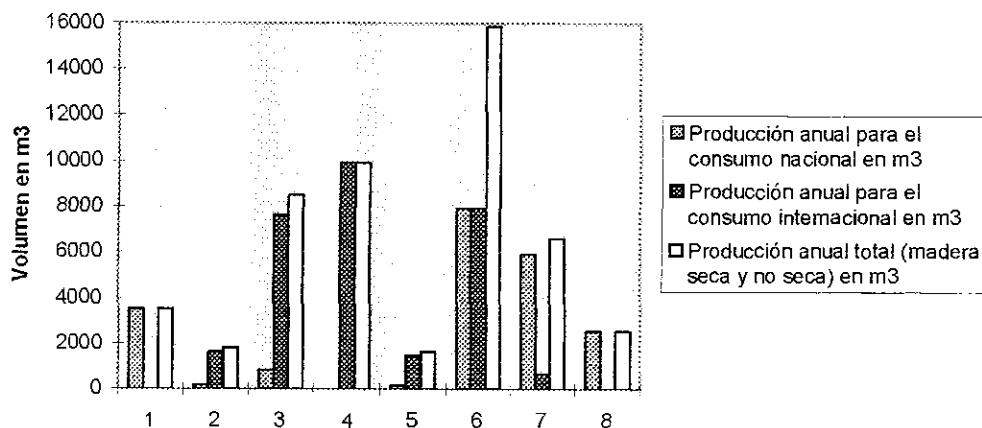
Producciones anuales totales (de madera seca y no seca) para el consumo nacional e internacional y sus respectivos porcentajes por industria

Empresa	Producción anual para el consumo nacional m ³ (1)	% de producción para el consumo nacional (2)	Producción anual para el consumo internacional en m ³ (3)	% de producción para el consumo internacional (4)	Producción anual total (madera seca y no seca) en m ³ (1+3)
A	3,537.74	100	0	0	3,537.74
B	181.13	10	1,630.19	90	1,811.32
C	849.06	10	7,641.50	90	8,490.56
D	0	0	9,905.66	100	9,905.66
E	162.74	10	1,464.62	90	1,627.36
F	7,924.53	50	7,924.53	50	15,849.06
G	5,943.39	90	660.38	10	6,603.77
H	2,547.17	100	0	0	2,547.17
Total	21,145.75		29,226.89		50372.64

Se nota que tres de las empresas encuestadas producen madera para consumo nacional en su mayoría (90 – 100%), una de ellas produce la mitad para mercado nacional y la mitad para mercado internacional. El resto de las empresas apunta su producción al mercado internacional en su mayoría (90 – 100%).

Gráfica 4

Producciones anuales para el consumo nacional e internacional y producciones anuales totales por industria



En el cuadro 14, se presentan los datos de las producciones de madera seca y no seca y los respectivos porcentajes en base a datos de producciones totales anuales. Los datos también se muestran en la gráfica 5.

Cuadro 14.

Porcentajes de producciones de madera seca y no seca y total para cada industria en base a las producciones anuales totales

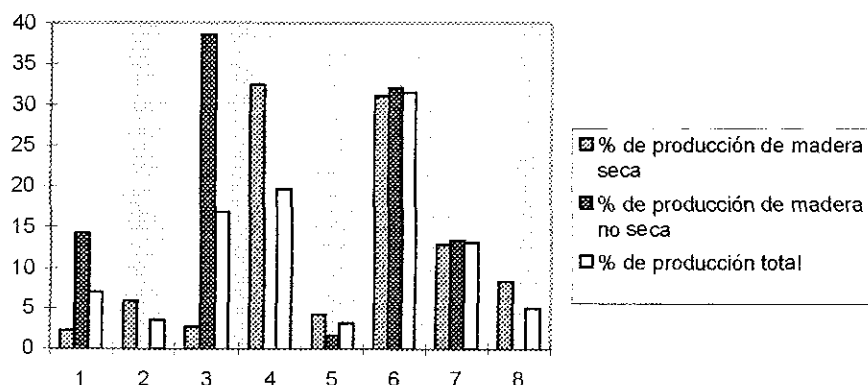
Empresa	Producción anual (madera seca) en m ³	% de producción de madera seca	Producción anual (madera no seca) en m ³	% de producción de madera no seca	Producción anual total (madera seca y no seca) en m ³	% de producción total
A	707.55	2.31	2,830.19	14.31	3,537.74	7.02
B	1,811.32	5.92	0	0	1,811.32	3.60
C	849.06	2.78	7,641.51	38.64	8,490.56	16.85
D	9,905.66	32.38	0	0	9,905.66	19.66
E	1,301.89	4.26	325.47	1.65	1,627.36	3.23
F	9,509.43	31.08	6,339.63	32.05	15,849.06	31.46
G	3,962.26	12.95	2,641.51	13.35	6,603.77	13.11
H	2,547.17	8.32	0	0	2,547.17	5.07
Total	30,594.34	100	19,778.30	100	50,372.64	100

Para el cálculo de los porcentajes, se toma por ejemplo el dato de la producción anual de madera seca para la empresa A, luego se multiplica por 100 y se divide por el total de la producción anual de madera seca:

$$(707.55 \times 100) / 30,594.34 = 2.31$$

Gráfica 5

Porcentajes de producciones de madera seca y no seca y anual total por industria



En cuanto a la producción de madera seca, las empresas D, F y G presentan los mayores porcentajes. Por otro lado, los mayores porcentajes de producción de madera no seca los poseen las empresas C, F y A. En lo que respecta a la producción anual total, que incluye madera seca y no seca, las empresas F, D y C; y las empresas que menos colaboran en este rubro son E, B y H.

En el cuadro 15, se observan los datos de producciones para el consumo nacional e internacional con los respectivos porcentajes en base a las producciones totales anuales. Luego se observan los datos en la gráfica 6.

Cuadro 15 Producciones de madera para consumo nacional e internacional y total
con respecto a la producción anual total

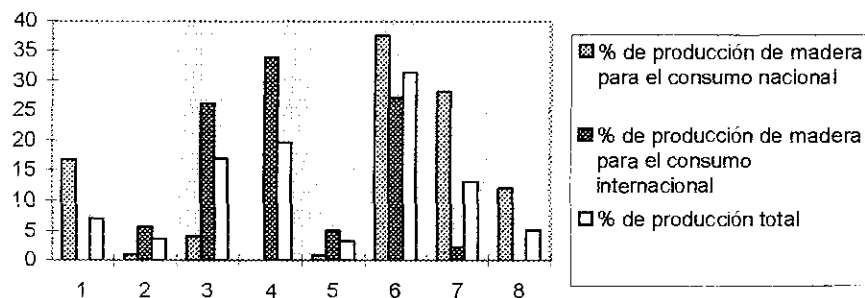
Empresa	Producción anual para el consumo nacional en m ³	% de producción de madera para el consumo nacional	Producción anual para el consumo internacional en m ³ (3)	% de producción de madera para el consumo internacional	Producción anual total para consumo nacional e internacional en m ³	% de producción total
A	3,537.74	16.73	0	0	3,537.74	7.02
B	181.13	0.86	1,630.19	5.58	1,811.32	3.60
C	849.06	4.01	7,641.50	26.15	8,490.56	16.85
D	0	0	9,905.66	33.89	9,905.66	19.66
E	162.74	0.77	1,464.62	5.01	1,627.36	3.23
F	7,924.53	37.48	7,924.53	27.11	15,849.06	31.46
G	5,943.39	28.11	660.38	2.26	6,603.77	13.11
H	2,547.17	12.04	0	0	2,547.17	5.07
Total	21,145.75	100	29,226.89	100	50,372.64	100

Para el cálculo de los porcentajes, se toma por ejemplo el dato de la producción anual de madera para consumo nacional para la empresa A, luego se multiplica por 100 y se divide por el total de la producción anual de madera para consumo nacional:

$$(3,537.74 \times 100) / 21,145.75 = 16.73$$

Gráfica 6

Porcentajes de producciones de madera para consumo nacional e internacional y total anual por industria



Las empresas que más contribuyen de su producción de madera, para el mercado nacional son F, G y A. Las empresas que apuntan la mayor parte de su producción al mercado internacional, son D, C y F. En lo que respecta a producción total, las empresas que sobresalen son F, D y C.

En el cuadro 16, se presentan los porcentajes de madera seca y no seca dentro de las producciones totales de todas las industrias visitadas. Los datos aparecen en la gráfica 7 también.

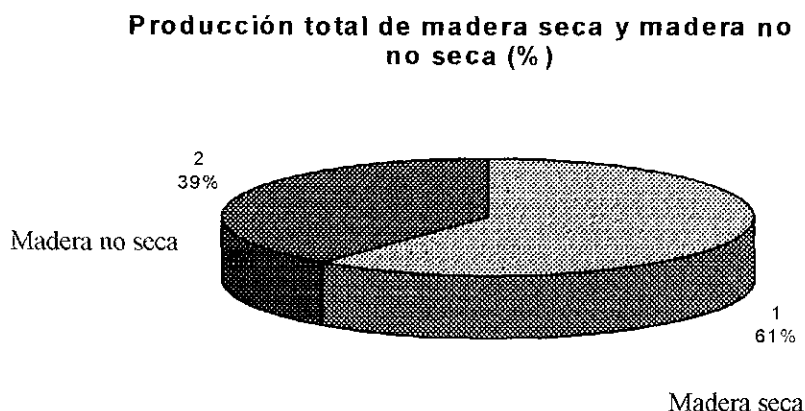
Cuadro 16 Producción de madera seca y madera no seca dentro de producciones
totales

	Producción mensual en m ³	Producción anual en m ³	% de producción
Madera seca	2,549.53	30,594.34	60.74
Madera no seca	1,648.19	19,779.30	39.26
Total	4,197.72	50,372.64	100

Para el cálculo del porcentaje, se toma por ejemplo el total de la producción anual de madera seca, se multiplica por 100 y se divide por el total de la producción anual:

$$(30594.34 \times 100) / 50,372.64 = 60.74$$

Gráfica 7



De forma general, para las ocho industrias visitadas, la madera seca compone el 61% de la producción; mientras que la madera no seca compone el resto, 39%.

En el cuadro 17, aparecen los datos de los porcentajes de producciones totales para el consumo nacional e internacional. Los datos pueden observarse en la gráfica 8 también.

Cuadro 17 Porcentajes de producciones totales de madera seca y no seca para consumo nacional e internacional.

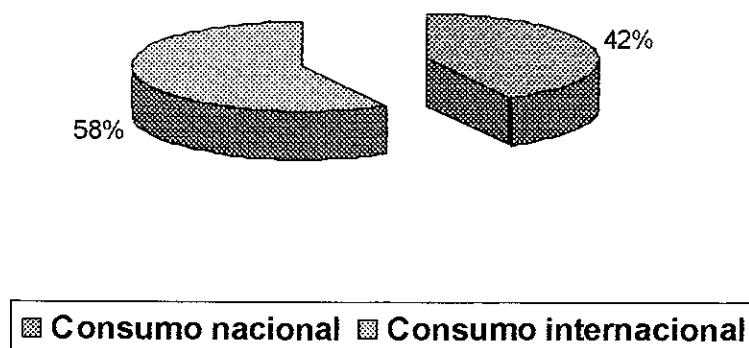
	Producción anual en m ³	% de producción
Consumo nacional	21,145.75	41.98
Consumo internacional	29,226.89	58.02
Total	50,372.64	100

Para el cálculo del porcentaje, se toma por ejemplo el total de la producción anual de madera para consumo nacional, se multiplica por 100 y se divide por el total de la producción anual:

$$(21,145.75 \times 100) / 50,372.64 = 41.98$$

Gráfica 8

Producciones totales de madera seca y no seca para consumo nacional e internacional



El 58% de la producción total de madera (seca y no seca) de las industrias visitadas va hacia los mercados internacionales, mientras que el 42% permanece en Guatemala para el consumo nacional.

El listado de las especies secadas al horno así como los productos elaborados con ellas y algunos de los mercados de destino se encuentra en el Anexo E. Se observan más de 20 especies entre las que destacan el pino *Pinus* spp., la caoba *Swietenia macrophylla*, el cedro *Cedrela odorata*, el palo blanco *Roseodendron donnell-smithii*, el hule *Castilla elastica* y el santa maría *Calophyllum brasiliense*.

B. RESULTADOS DE LA BOLETA No. 2

A la primera pregunta dirigida a los expertos de la industria forestal: **¿Qué opinión tiene de la tecnología en la industria forestal?**

RESULTADO

La mayoría consideran que se posee maquinaria lo suficientemente buena para mantener una competitividad frente a productos extranjeros pero se comenta que esa competitividad se da con ciertas limitaciones. Se posee una infraestructura básica por lo que se requiere de mayor inversión. Unos expertos consideran que sus empresas poseen la maquinaria adecuada ya que invierten en ella continuamente.

Segunda pregunta de la boleta: **¿Conoce la situación actual del mercado de la madera (demanda y oferta)?**

RESULTADO

La situación del mercado de oferta y demanda de madera no se domina claramente, ya que cada persona entrevistada maneja únicamente los datos de su interés. Por lo general, hay más demanda que oferta, la cual no es completamente satisfecha no sólo por la cantidad, sino que por la calidad también. Ahora se están investigando mercados potenciales para maderas tropicales alternativas como el ramón (*Brosimum alicastrum*), la santa maría, (*Calophyllum brasiliense*) el chichipate (*Sweetia panamensis*) y el canxan (*Terminalia amazonia*) entre otras.

A la tercera pregunta de la boleta: **¿Qué tipo de madera es la más comercializada?**

RESULTADO

Consideran que el tipo de madera más comercializada es aquella utilizada para construcción y leña en algunos casos. Para la construcción, se prefieren maderas coníferas como el pino.

En la cuarta pregunta: **¿Cuáles son las especies de madera más comercializadas?**

RESULTADO

Se piensan como las especies de madera más comercializadas: la caoba, el cedro y algunas maderas tropicales secundarias como el palo blanco (*Cybistax donnell-smithii*), el manchiche (*Lonchocarpus castilloi*), el chechén negro (*Metopium* sp.), el santa maría (*Calophyllum brasiliense*) y otras. Estas maderas están siendo investigadas para conocer sus propiedades físicas y mecánicas y poder buscar mercados potenciales para productos realizados con dichas especies.

Quinta pregunta de la boleta: **¿Qué opinión tiene del proceso de secado industrial?**

RESULTADO

Todos los encuestados afirmaron que el proceso de secado convencional con caldera de vapor es el mejor ya que es más práctico, más económico, menos complicado y menos riesgoso, ha dado resultado desde su invención. Además, consideran que el secado en sí, es indispensable para competir a nivel internacional y dar mayor valor agregado a los productos.

Sexta pregunta de la boleta: **¿Cuáles son los principales problemas que enfrenta la industria para secar la madera?**

RESULTADO

Los entrevistados piensan que entre los principales problemas están: la falta de técnicos no sólo en el secado sino que en todo el proceso de transformación (aserrío y transformación primaria y secundaria), y no sólo la ausencia de ellos, sino la falta de capacitación y preparación; la materia prima, la cual a veces es difícil de encontrar

debido a causas como lo son la presión de la frontera agrícola y los incendios forestales. Las empresas que tienen la cadena productiva forestal completa (bosque, aserrío, secado y transformación) no presentan mayores problemas para secar la madera.

Séptima pregunta, en cuanto a las perspectivas sobre la industria: **¿Cuál es su perspectiva a futuro en cuanto a la industria forestal?**

RESULTADO

Los entrevistados creen que puede haber mejoras, siempre y cuando se reciba apoyo para la inversión y se fomente el mantenimiento del crecimiento de la producción. Existen problemas como la presión agrícola que dificultan el aprovechamiento forestal adecuado.

Octava pregunta, en cuanto a las perspectivas del proceso de secado: **¿Cuál es su perspectiva a futuro en cuánto al proceso de secado industrial?**

RESULTADO

A pesar de que la tecnología se desarrolle, van a mantener aquella tecnología que les haya funcionado y les represente menos problemas. (costos financieros por mantenimiento y funcionamiento menores).

Para la novena pregunta: **¿Cómo cree que puedan fomentarse mejoras para el desarrollo tecnológico de la industria?**

RESULTADO

Los entrevistados coinciden en que puede haber mejoras si se educan a todos los involucrados con el aprovechamiento forestal (carpinteros, industriales, administradores y operarios). Además, es necesaria la capacitación para mantenerse al día y mantener e incrementar la competitividad. Se deben promover la inversión y el aumento de mercados por medio de políticas que deben abarcar no sólo aquellas de sostenibilidad de los recursos forestales y aquellas de planificación y ordenación forestal, sino también políticas de crédito, es decir de fomento de inversión. Otros incentivos que podrían facilitar la exportación de productos forestales serían la disminución de impuestos y tasas de interés comparativas con otras de países extranjeros.

VI. DISCUSIÓN

En cuanto a la producción de madera seca anual que es de 30,594.34 m³ (cuadro 14), el 76.41% lo manejan tres empresas (empresas D, F y G), lo mismo sucede con la producción de madera no seca anual la cual se encuentra absorbida por tres empresas (empresas C, F y G) con el 85% de 19,778.30 m³. El 67.97% de la producción total anual de madera seca y madera no seca, es manejado por tres industrias.

La producción anual de madera seca y no seca (ver cuadro 16) alcanza los 50,372.64 m³ de los cuales 60.74% (30,594.34 m³) es madera seca al horno y el restante 39.26% (19,778.30 m³) es producción de madera no seca al horno.

De los 1,332.55 m³ instalados, tres empresas (empresas D, F y A) poseen más del 60% de la capacidad instalada (ver cuadro 9); la primera posee el 22.12% con 294.81 m³, la segunda posee 21.24% con 283.02 m³ y la tercera posee 17.70% con 235.85 m³, lo que muestra que existen empresas líderes en esta tecnología. Además, se observó que algunas veces las cámaras de secado no son llenadas a su capacidad total, algunas cámaras de secado sólo funcionan unos meses y luego no operan. Como se puede notar en el cuadro de las comparaciones de la producción real y de la capacidad instalada (ver cuadro 10), tres empresas no llenan a totalidad su horno o no lo manejan los 365 días del año; sin embargo se observa una industria que ambos datos son casi equivalentes y se podría decir que ese déficit se debe a la manipulación manual de las trozas para llenar y vaciar una carga en la cámara. Las otras empresas si han logrado maximizar el uso de sus cámaras de secado.

El rango de contracción volumétrica para las especies tanto de coníferas como de latifoliadas, se encuentra entre 2% y 5%, lo que concuerda con datos teóricos que

muestran una contracción de hasta 10%. Los tiempos de secado de cada programa varían debido no sólo a la especie sino a la localización de las industrias, cuyos tiempos de secado se ven favorecidos con condiciones climáticas de alta temperatura y baja humedad relativa. En lugares con condiciones climáticas favorables, también es factible el secado al aire libre sino como único proceso de secado, como proceso de pre-secado para disminuir tiempos en las cámaras de secado. Se notó que algunas industrias secaban especies distintas en la misma carga, lo que trae consigo dificultades para aplicar un programa de secado adecuado para todas las especies ya que varían los tiempos de secado así como las características de las temperaturas. Además, se observó que algunas veces el grosor de la tabla excede las tres pulgadas lo que no posibilita un secado adecuado, ya que según datos teóricos no es recomendable secar piezas de grosor mayor a tres pulgadas. En caso de secarse madera de mucho grosor, ésta se encontrará bajo condiciones de estrés lo que permitirá tensiones internas, desequilibrio entre los contenidos de humedad de toda la pieza y por ende un resultado del proceso de secado pobre. Dentro del proceso de secado, son importantes las etapas de acondicionamiento y ecualizado ya que permiten a la madera, volver a adaptarse a condiciones climáticas diferentes a las de la cámara de secado sin perder el porcentaje de humedad que se buscaba. Es vital realizar estas etapas de forma correcta para poder proporcionar madera seca sin la menor cantidad de defectos posibles.

Predomina la tecnología americana aunque también algunas empresas han realizado sus propias cámaras de secado, ya que han recibido cursos y apoyo técnico para montarlas, (diseño y maquinaria nacional) según modelos de cámaras extranjeros. Las cámaras han sido construidas con concreto o ladrillos con ventiladores colocados sobre un eje a lo largo de la cámara para optimizar el flujo de aire. Las ventilas, donde se permite

la salida de vapor, se ubican sobre el techo. Se prefiere construir que importar tecnología por razones de costo de equipo; algunos importan únicamente los tableros con indicadores de humedad de bulbo seco y húmedo.

Los modelos de los secadores no son recientes, es decir de última generación como aquellos completamente computarizados, la mayoría es manual y operan siguiendo siempre determinado tipo de programa de secado. Más del 60% de las empresas encuestadas poseen secadores de más de 10 años y no han ido modificando la tecnología (cuadro 12); han mantenido la tecnología comprobada que les ha dado buenos resultados, y también ha resultado ser la más práctica, económica y confiable además de poder ser utilizada con todas las especies maderables que se manejan en el país. Sin embargo, mundialmente, han aparecido tecnologías como la de secado al vacío y secado por aplicación de electricidad, las cuales a pesar de poseer ciertas ventajas, representan más costos que ganancias debido al considerable gasto de energía y a la dificultad de secar maderas poco permeables sin ocasionar daños, como en el caso del secado de radiofrecuencia. En el caso del secado al vacío, el volumen a secar es mucho menor y las ventajas como la reducción de las tensiones y las bajas diferencias en el contenido de humedad de toda la pieza, no logran compensar la complejidad del proceso. Debido a las desventajas más significativas que lo que puedan generar en ganancias, las industrias no toman en cuenta esas posibles tecnologías.

Más del 85% de las empresas no tiene costos de energía (ver cuadro 12) porque produce su propia energía con los desperdicios del aserrío tal como las cortezas de los troncos o trozas e incluso el aserrín. Según datos obtenidos, el costo de secado por pie tablar no excede los US\$ 0.10 por lo que se concluye que no es un proceso que incremente demasiado los costos de producción si se compara con los beneficios que se obtienen de

trabajar con madera seca, como lo son mayor estabilidad dimensional, trabajabilidad y resistencia a condiciones de esfuerzos.

El mantenimiento implica tanto chequeos preventivos como correctivos por medio de revisiones continuas y regulares. Además, se revisan los hornos y las calderas para evitar la acumulación de cenizas y partículas y se realizan descarbonizaciones regulares. Se revisan también ventiladores, serpentines, cojinetes, fajas, polines y radiadores. Se realizan tratamientos de agua para evitar picaduras en las tuberías. Además, se engrasan ciertos componentes luego de finalizar cada carga. El gasto de mantenimiento no suele ser muy alto; sin embargo, los motores son los que mayor atención requieren debido a las altas temperaturas a las que trabajan. Las condiciones del equipo en general son buenas, sobre todo en aquellos equipos en los que se revisa todo regularmente. Se observaron algunos descuidos en cuanto al aspecto hermético de las cámaras de secado, factor importante para que no escape el vapor, ni el tiempo de secado cambie debido a las condiciones externas que puedan influir. Es importante darle mantenimiento no sólo a la caldera y los hornos, sino que también a las puertas y al revestimiento interno de las paredes y del techo para mantener el proceso en su nivel óptimo.

La mano de obra es capacitada en la empresa por el dueño, el gerente o algún técnico que explique el funcionamiento de la maquinaria, así como la forma de llenar ciertas boletas, cuya función es mantener un control de la situación del proceso de secado de la carga. Sin embargo, la capacitación y el aprendizaje suelen ser mecánicos, sin comprender el proceso en sí, por lo que no se crean nuevas metodologías de secado ni se aporta nada nuevo a los programas de secado, sino que se sigue estrictamente un programa predeterminado.

El 50% de las empresas encuestadas tiene proyectos de ampliación para el año 2002 para poder mantener satisfecha la demanda de madera seca, no sólo a nivel nacional sino también internacional.

Se calcularon los porcentajes de la producción de madera seca y no seca que son comercializados localmente e internacionalmente: el 58.02% (29,226.89 m³) se dirige a la exportación y el 41.98% (21,145.75 m³) se queda para clientes locales (ver cuadro 17). Se cree que la producción tiende a ser exportada debido a que se reconoce mejor el valor del bosque en el exterior, si se compara al mercado interno, el que poco a poco va cambiando, ya que mayor número de industrias nacionales se interesa en las ventajas de la madera seca. En el área donde se observa mayor preferencia hacia la madera seca es la industria de muebles, ya que en trabajos de carpintería y ebanistería es indispensable trabajar con madera seca por las cualidades físicas y mecánicas que adquiere ésta luego de pasar por el proceso de secado.

En estas industrias, predomina la producción de madera seca al horno para cumplir con la demanda realizada a cada una de ellas, pues a pesar de producir en algunos casos los mismos productos tales como zócalos, molduras, machihembres, parquet, etc., los mercados en los cuales se comercializan son diferentes. Incluso algunas empresas se dedican exclusivamente al mercado internacional, razón por la cual la madera debe secarse hasta llegar a un rango de porcentaje de humedad entre 8 % y 10 % para que los productos elaborados cumplan lineamientos y estándares propuestos mundialmente.

Dentro del marco de la industria forestal, es importante invertir en ella para mantener una tecnología competitiva y de calidad, lo que a largo plazo representaría ventajas para los productos forestales nacionales frente a productos extranjeros. Sin embargo, es también importante proporcionar algún tipo de ayuda como incentivos a los

industrias para que comercialicen con mayor facilidad los productos elaborados: algunas ideas de incentivos podrían ser por ejemplo, la disminución de los impuestos de importación de maquinarias que incrementen la tecnología nacional, así como la formulación de políticas de manejo y ordenación forestal que incluyan la sostenibilidad de los recursos naturales y el fomento de líneas de crédito para la inversión no sólo tecnológica sino de investigación.

Desafortunadamente, Guatemala no posee una cultura forestal fuerte que permita impulsar lo suficiente el sector; la tecnología con la que cuenta el país es importada, no hay muchas personas que se interesen en crear o experimentar nuevos procesos de transformación; por esto, es importante fomentar la investigación sobre las especies de madera que se encuentran con mayor frecuencia en los inventarios forestales realizados en diferentes áreas para poder comercializarlas y tornar más rentables las especies maderables. Para la comercialización de los productos, es imprescindible conocer la situación de la oferta y demanda de madera a nivel internacional, con el fin de intentar ingresar nuevos productos o expandir los mercados y por esto se considera muy importante conocer las relaciones entre la oferta y la demanda.

Para llegar a un fortalecimiento del sector, es necesario trabajar en conjunto todos los subsectores involucrados para incrementar el desarrollo tecnológico y el crecimiento de producción, es importante no sólo buscar el lucro personal sino preocuparse más por el desarrollo del sector en su totalidad.

VII. CONCLUSIONES

1. La producción total anual de las ocho industrias visitadas se divide en producción de madera seca al horno y producción de madera no seca al horno. La producción total anual de madera que es secada al horno llega a los 30,594.34 m³ (60.74%) lo que indica que las industrias ya empiezan a aplicar los conocimientos sobre el proceso de secado debido a que han experimentado las ventajas que proporciona.
2. La capacidad instalada en las ocho industrias visitadas es importante 36,507.28 m³ anuales, sin embargo, sólo se utilizan 30,594.34 m³ lo que indica una subutilización de 5,912.94 m³
3. La tecnología utilizada es importada y en su mayoría americana no muy reciente, pero todavía se encuentra en buenas condiciones. Para las industrias, el mantenimiento es primordial para continuar trabajando con la capacidad y la producción en rangos normales. La mano de obra está relativamente capacitada en el sentido de que son buenos operarios que siguen los programas predeterminados, pero no aportan ideas nuevas al proceso en sí. El proceso de ampliación forma parte de planes futuros en la mitad de las industrias visitadas. La perspectiva en cuanto a la industria, es positiva y se cree que habrá mejoras, pero el desarrollo podría ser lento. En cuanto al proceso de secado, la perspectiva es mantenerse con aquello que proporciona mejores rendimientos.
4. Debido a la importancia de la exportación, el 60.74% (30,594.34 m³) de la producción es secada al horno, además algunos clientes locales también piden madera secada al horno para proveer productos de mejor calidad y mayor valor

agregado. El 58.02% (29,226.89 m³) de la producción total de las 8 empresas visitadas, se dirige hacia la exportación y la demanda sigue aumentando. Las coníferas son más comercializadas ya que se utilizan en construcción; hay especies latifoliadas que son comercializadas como la caoba y el cedro entre otras.

5. Entre los principales problemas de la industria del secado de la madera, están la falta de técnicos, falta de capacitación y preparación del personal y la dificultad de conseguir materia prima.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Incentivar la inversión para mejorar la maquinaria de la que ya se dispone para mantener la competitividad, los rendimientos y la calidad; la inversión no sólo nacional sino también internacional: por ejemplo, por medio de la disminución de impuestos de importación de maquinaria industrial forestal y líneas de crédito con tasas de interés competitivas a comparación de aquellas líneas de otros países.
2. Se debería realizar cambios en las políticas del sector; políticas que fundamenten la planificación y la ordenación forestal que promuevan el aprovechamiento de los recursos bajo el concepto de la sostenibilidad.
3. Promover la investigación sobre otras tecnologías más avanzadas para mantener la competitividad y la calidad de los productos.
4. Fomentar las investigaciones de maderas tropicales alternativas para hallar mercados potenciales de nuevos productos. Es primordial la promoción de la educación y la capacitación para todos aquellos involucrados en el aprovechamiento forestal.
5. Conocer la situación de la demanda y la oferta en el mercado para ampliar productos y mercados; la comercialización es primordial, para lo que se requiere la coordinación entre la oferta y la demanda.
6. Se debe revisar el estado de las cámaras de secado para realizar un proceso de secado más eficiente (revestimiento interno de paredes, techo y puertas), que actualmente se encuentra trabajando.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Benítez, R. y A. Calderón. 1993. **Secador solar para madera**. CEMAPIF-CUPROFOR. Honduras. 23 pp.
- Cortés, A. 1977. **Secado y Preservación de la Madera. Fortalecimiento al sector forestal de Guatemala; Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación**. Guatemala. 24 pp.
- Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial. 1986. **Secado de Madera D 313. Proyecto de Leña y Fuentes Alternas de Energía**. ICAITI-ROCAP No. 596-0089.
- Instituto Nacional de Bosques. 2000. **Boletín de Estadísticas Forestales**, Año 3, No 1. Guatemala.
- Junta del Acuerdo de Cartagena con apoyo financiero de la Comunidad Económica Europea. 1989. **Manual del Grupo Andino para el secado de maderas. Proyecto subregional de Promoción Industrial de la madera para construcción**. Carvajal, S. A. Colombia. 421 pp.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1997. **Situación de los bosques del mundo**. Words and Publications, Oxford. 200 pp.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1999. **Situación de los bosques del mundo**. Italia. 154 pp.
- Peña, Francisco Dignole y Francisco Jiménez. _____. **Tecnología de la Madera**. V. A. Impresores, S.A. Madrid. 602 pp.
- Valdes, L. 1994. **Alternativas de programas de secado convencional en tepa. *Laurelia philippiana* (Phil.) Looser**. Tesis Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. Santiago. 126 pp.

X. ANEXOS

ANEXO "A"

BOLETA DE ENCUESTA A EMPRESA FORESTAL

DATOS GENERALES.

A. Nombre: _____

B. Localización: _____

C. Producción total mensual _____ pies tablares de madera secada

D. Producción total anual _____ pies tablares de madera secada

E. Producción total mensual _____ pies tablares de madera no secada

F. Producción total anual _____ pies tablares de madera no secada

G. Porcentaje de la producción total de madera secada al horno _____

H. Porcentaje de la producción total de madera no secada _____

I. Listado de productos de madera secada

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

J. Listado de productos de madera no secada

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

K. Producción para consumo nacional _____ pies tablares

L. Producción para consumo internacional _____ pies tablares

CAPACIDAD INSTALADA.

A. Capacidad total _____ pies tablares

B. Capacidad carga _____

C. Carga de secado _____ pies tablares (nominal)

D. Carga de secado _____ pies tablares (final)

ESPECIE	PRODUCTO	VOLUMEN	% DE HUMEDAD

E. Tiempo de secado _____ para coníferas

F. Tiempo de secado _____ para latifoliadas

TECNOLOGÍA.

A. Tipo de secador _____ Marca _____ Modelo _____

B. Costos de energía _____

C. Costo de mantenimiento _____

D. Costo del equipo _____

E. Mano de obra _____

F. Condiciones del equipo _____

G. Posibilidad de ampliación del proceso de secado _____

Fecha: _____

ANEXO "B"

BOLETA DE ENCUESTA A EXPERTOS FORESTALES

DATOS GENERALES.

A. Nombre: _____

B. Localización: _____

C. Cargo: _____

D. Área: _____

INSTRUCCIONES:

A continuación se formulan una serie de preguntas, las cuales se solicita sean contestadas con la mayor sinceridad posible, comentando brevemente ¿POR QUÉ?, esta información es para la elaboración del trabajo de investigación de tesis, anticipadamente gracias por su cooperación.

1. ¿Qué opinión tiene de la tecnología en la industria forestal?
2. ¿Conoce la situación actual del mercado de la madera (demanda y oferta)?
3. ¿Qué tipo de madera es la más comercializada?
4. ¿Cuáles son las especies de madera más comercializada?
5. ¿Qué opinión tiene del proceso de secado industrial?
6. ¿Cuáles son los principales problemas que enfrenta la industria para secar la madera?
7. ¿Cuál es su perspectiva a futuro en cuanto al proceso de secado industrial?
8. ¿Cómo cree que puedan fomentarse mejoras para el desarrollo tecnológico de la industria?

Fecha: _____

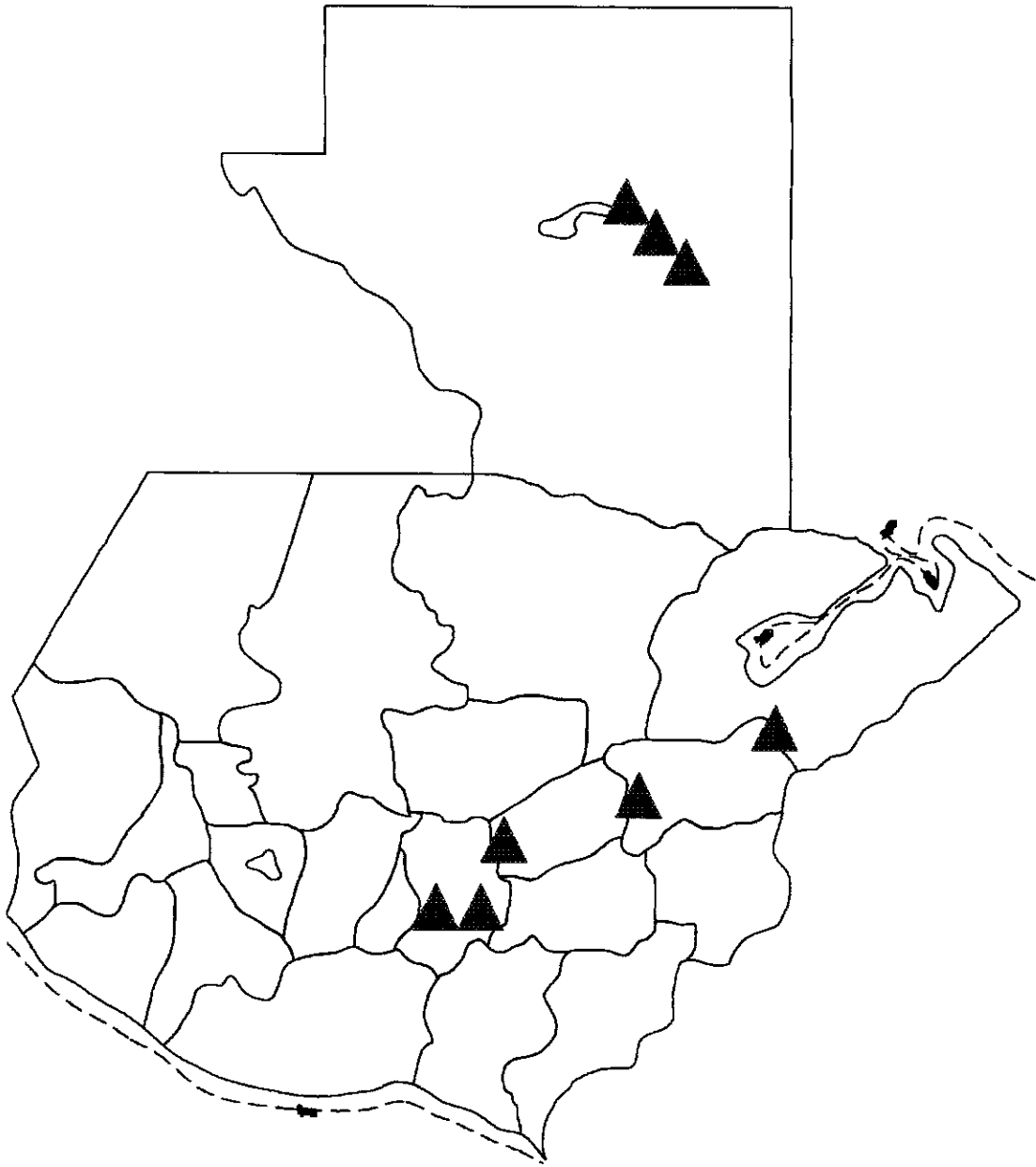
ANEXO “C”

LISTADO DE EMPRESAS VISITADAS

1. Procinsa
2. Carpintería Riviera
3. Maderas Milpas Altas
4. Aserradero Petexbatún
5. Pat and Olga Andrews industria C-4
6. Lignum
7. Baren Comercial Limitada
8. Aserradero Gibor

ANEXO "D"

UBICACIÓN DE EMPRESAS VISITADAS



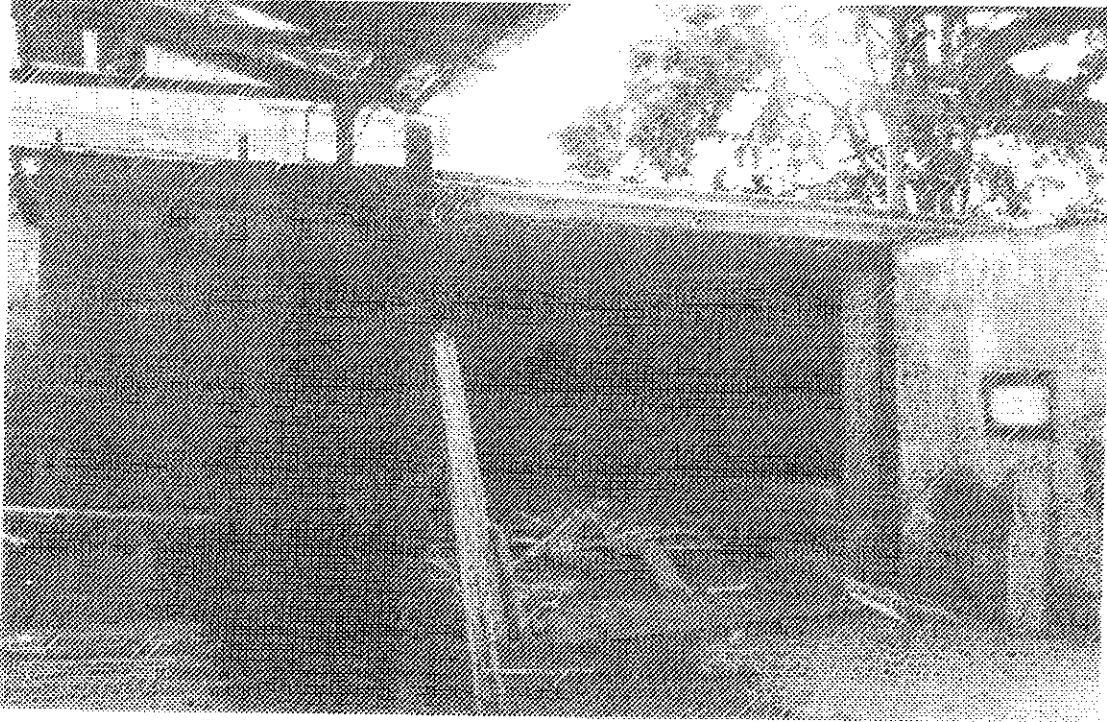
ANEXO “E”

LISTADO DE EXPERTOS DE LA INDUSTRIA FORESTAL

1. Señor STEVEN ANDREWS, Pat and Olga Andrews
2. Jorge Barrios, Baren Comercial Limitada
3. Héctor Becker, Procinsa
4. Max García, Director del proyecto de investigación de maderas latifoliadas
5. Daniel Girón, Aserradero Gibor
6. Marvin Gribble, Carpintería Riviera
7. Gilberto López, Procinsa
8. Haroldo Montenegro, Maderas Milpas Altas
9. Carlos Porras, Famex
10. Carlos Solares, Aserradero Petexbatún.

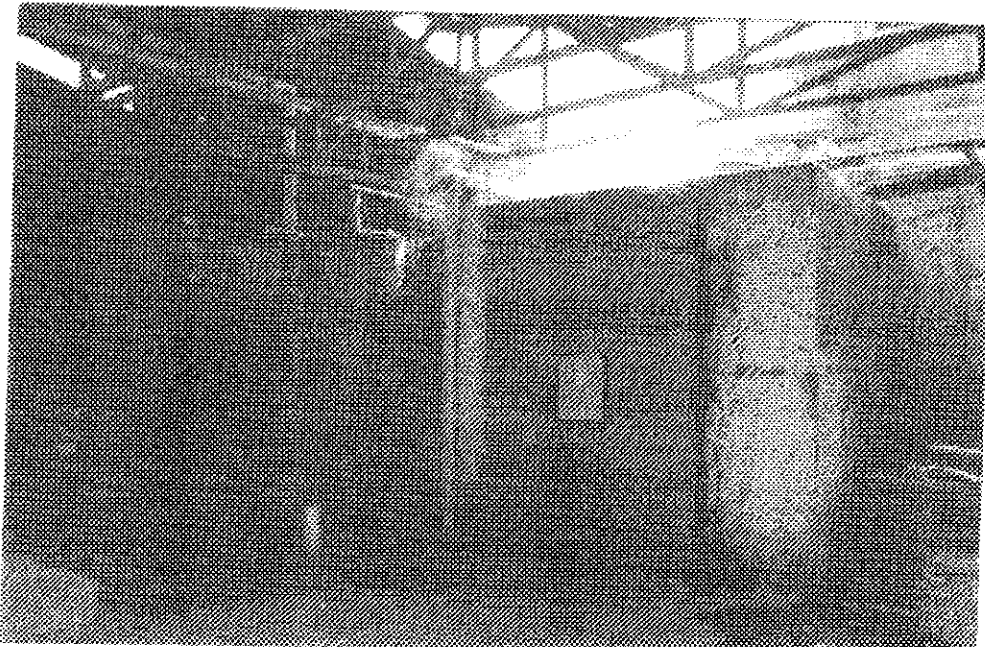
ANEXO "F"

FOTOGRAFÍA DE CÁMARA DE SECADO



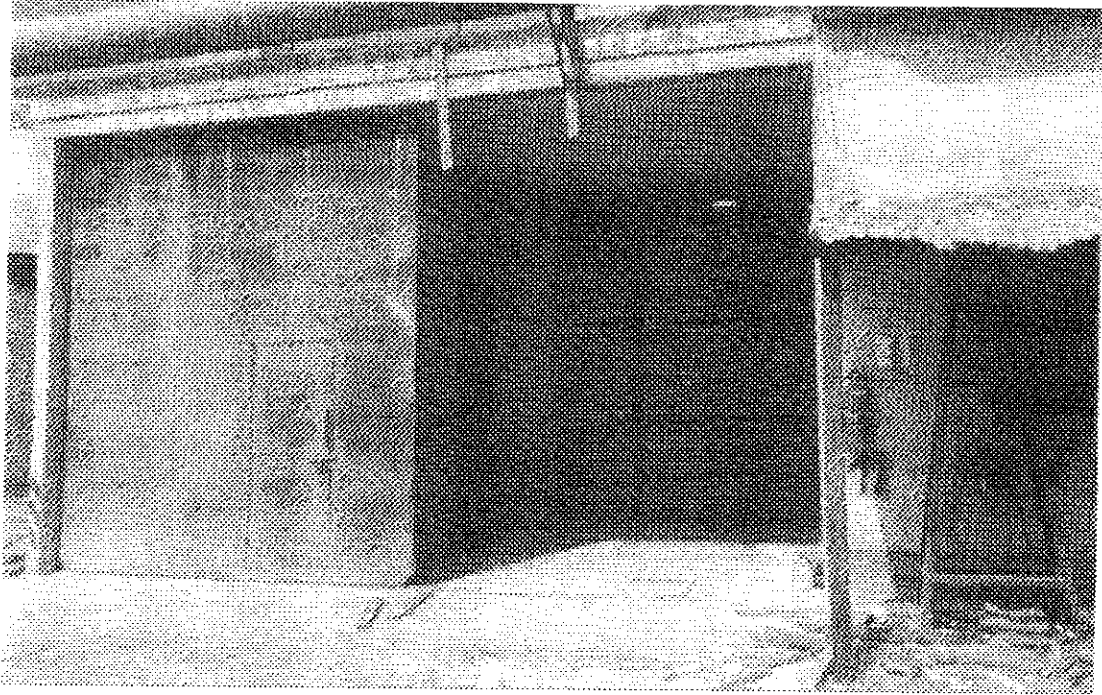
ANEXO "G"

FOTOGRAFÍA DE CÁMARA DE SECADO Y CALDERA DE VAPOR



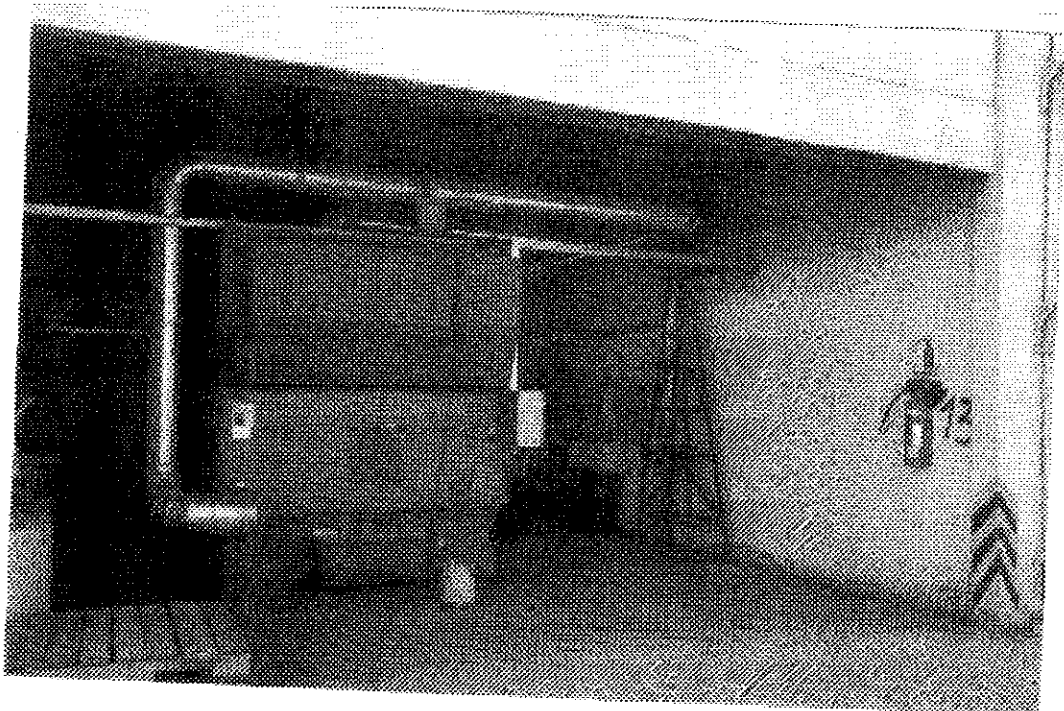
ANEXO "H"

FOTOGRAFÍA DE CÁMARA DE SECADO CON MADERA SECA



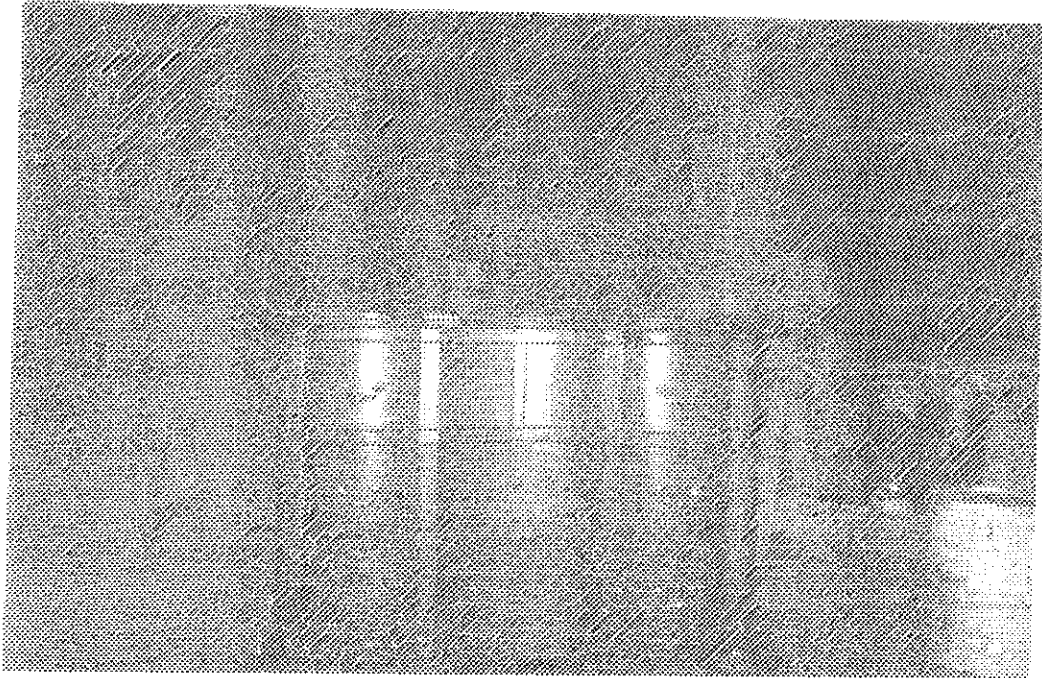
ANEXO "I"

FOTOGRAFÍA DE CALDERA DE VAPOR



ANEXO "J"

FOTOGRAFÍA DE UN PRODUCTO ELABORADO CON MADERA SECA



ANEXO "K"

FOTOGRAFÍA DE PRODUCTOS ELABORADOS CON MADERA SECA

