



308917
UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA

3

Con Estudios Incorporados a la
Universidad Nacional Autónoma de México.

**OPTIMIZACIÓN EN EL APROVECHAMIENTO DE LA MADERA
DE ENCINO AL ELABORAR DUELA Y PARQUET PARA PISOS**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERA MECÁNICA ELECTRICISTA
AREA: INGENIERÍA INDUSTRIAL**

P R E S E N T A

CECILIA ARENAS BACA CALDERON

DIRECTOR DE TESIS: FIS. MARIANO ROMERO VALENZUELA

MÉXICO, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

200



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatorias

A mis padres, que me merecen todo mi cariño, respeto y admiración.

Gracias Papá, por insistir en que concluyera yo esta etapa de mi vida. Gracias Papá porque has sido siempre un ejemplo a seguir y día a día me quedo más admirada de tu entereza, y sabiduría hacia la vida. Te amo.

Gracias My por quererme tanto y brindarme tu amoroso apoyo incondicional.

A ti queridísimo Alberto por todo el amor y todos esos momentos de felicidad que juntos hemos vivido.

Paola y Mariana, espero que este esfuerzo junto con el de sus abuelos, les sirva algún día. Las ama su mamá.

Gracias Pillo por la ayuda que con tanto cariño me brindaste, para hacer esta tesis.

Gracias Luis por tu colaboración en la conclusión de este trabajo que parecía no tener fin.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

INTRODUCCIÓN

CAPITULO 1

LA MADERA

1.1 Definición	1
1.2 Clasificación	1
1.3 Origen	4
1.4 Estructura y anatomía macroscópica de la madera	6
Corteza Externa, Corteza Interna, Cambium, Albura, Duramen, Médula, Anillos Anuales, Rayos	
1.5 Estructura Microscópica de la madera	11
Fibras, Elementos de Vaso, Células Parenquimatosas, Fibra Libriforme, Traqueidas, Inclusiones en las células, Tilides, Cristales	

CAPITULO 2

PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN REUNIR LAS MADERAS DESTINADAS A LA ELABORACIÓN DE PISOS

2.1 Propiedades Físicas	17
Naturaleza Coloidal	
Conductividad Térmica	
Densidad o peso específico	
2.2 Propiedades Mecánicas	25
Tensión, Comprensión, Cizallamiento, Flexión, Resistencia al Impacto, Abrasión, Resistencia a la Penetración (Dureza)	
2.3 Color, Olor, Hilo, Textura y Veta	37

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO 3

PROCESO DE ASERRIO

3.1 Historia	41
3.2 Cortes en un tronco	42
El corte tangencial o plano	
El corte radial o al cuanto	
Corte transversal o por cabeza	
3.3 Tecnología de Las sierras	47
3.4 Proceso de Aserrio	51
3.4.1 Línea de flujo del proceso de asierre	

CAPITULO 4

PROCESO DE SECADO

4.1 Generalidades	61
4.1.1 Contenido de humedad, definición y estimación	
4.1.2 Humedad relativa, definición y estimación	
4.2 Como se seca la madera	63
4.3 Enjutamiento de la madera durante el secado	64
4.4 Deformaciones y defectos de la madera al secarse	66
Rajaduras o grietas, Rajaduras y aberturas en las extremidades, Apanalamiento, Colapso, Forzamiento, Alabeo, Defectos naturales madera de reacción	
4.5 Proceso de secado al aire libre, como preliminar al secado en estufa	71
El patio de secado	
Distribución de las pilas	
4.5.1 Las pilas en el patio de secado	
4.6 Secado en estufa	75

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO 5

PROCESO DE MOLDURADO

5.1 Descripción del producto	76
5.1.1 Las duelas	
5.1.2 Los lambrines	
5.1.3 Parquet	
5.2 Línea de flujo y descripción de la maquinaria	79

SEGUNDA PARTE

CASO PRÁCTICO/METODOLOGÍA

CAPITULO 6

PROCESO DE ASIERRE

6.1 Recepción de la trocería	83
6.2 División de la trocería en dos lotes	84
6.3 Asierre de la trocería	87
6.3.1 Rendimiento de la trocería	89
6.4 Comparación del rendimiento con datos históricos	94

CAPITULO 7

PROCESO DE SECADO

7.1 Presecado al aire libre	96
7.2 Secado en estufa	96

CAPITULO 8

PROCESO DE MOLDURADO

8.1 Rendimiento del insumo en la fábrica de pisos	99
8.2 Comparación del rendimiento con los datos históricos	101

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

104

BIBLIOGRAFÍA

110

GLOSARIO

112

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos prehistóricos se ha empleado por todos los pueblos la madera para diferentes usos, con ella se ha hecho desde canoas hasta grandes barcos. En este sentido hay usos tradicionales que desde la más remota antigüedad se conservan, martillos, hachas, azadones, palas, picos, talachos, etc., y en general todas las herramientas han tenido sus mangos de madera, ni qué decir de los mejores muebles han sido hechos de este material, su uso va desde una modesta mesa de cocina hasta un mueble de firma francés, de madera, se han hecho innumerables instrumentos musicales que van desde un tambor de la selva Africana hasta un violín fabricado por el maestro italiano Stradivarius. Para la construcción, aún hoy en día, su valor es inestimable, éstos son sólo algunos pocos ejemplos usados para ponderar la belleza, utilidad y versatilidad de este material.

Una de las ventajas más importantes de este material es que es un recurso renovable, evidentemente el bosque puede cultivarse y se cultiva en algunos países.

México, y no digamos México, sino el territorio que ocupa actualmente la República Mexicana, estuvo cubierto de bosques en un porcentaje muy elevado, que iban desde selva con cedros, caobas, teca, anacahuite, ciricote y mil maderas preciosas más, hasta montañas cuyas faldas crecían increíbles coníferas y encinas gigantescas. No es prudente lamentarse de lo perdido y llorarlo simplemente, importa rescatar lo que queda, fomentarlos y aprovecharlo cuerdamente. Quiero dar alguna información de cómo se reproducen los árboles en valles y montañas del

mundo, porque a propósito de esto se ha hecho una gran demagogia y se han olvidado cosas tan elementales como las que a continuación explico.

Primero, mucha gente cree infundadamente que llueve porque hay árboles siendo la verdad que hay árboles porque llueve. La naturaleza permite la reproducción de los árboles y la fomenta de manera totalmente espontánea, sin intervención humana, la mecánica para que tal cosa suceda es simple y maravillosa, el viento, el agua y aún los animales que comen el fruto dispersan la semilla, la cual, como en la parábola del sembrador cuando cae en un terreno fértil, oasis o corriente de agua permite el crecimiento de un árbol, que a su vez produce semillas y una capa de tierra vegetal al soltar sus hojas, la que propicia que nazcan junto a éste otros árboles, que a su vez crecen, dan semilla, producen tierra vegetal y propician el crecimiento de más árboles. Este proceso sencillo y espléndidamente calculado se ve interrumpido, primero por un pastor de chivos que permite que sus animales se coman los renuevos, por un ganadero con iniciativa que efectúa un procedimiento bárbaro, que se llama roza, que consiste en talar absolutamente todos los árboles de un terreno, quemar sus restos, sembrar pasto y criar vacas. Otro enemigo implacable del bosque y de la selva son los aborígenes que efectúan ese mismo procedimiento de roza hasta en las laderas de los cerros para sembrar unos cuantos maíces, cuya primera cosecha es buena pero las ulteriores van decreciendo sin pasar de tres, que por la ausencia de los árboles, el viento y el agua erosionan el terreno perdiéndose así la capa de tierra vegetal tan penosamente generada por el bosque. Esto produce un daño adicional ya que al arrastrar las corrientes de agua toda esta tierra, no hay obra hidráulica que no se azolve.

La tala indiscriminada produce daños menores que los anteriores claro, no así, cuando el corte es racional porque al quitar los árboles más viejos permite que los renuevos se desarrollen y prosperen, lo que evidentemente mejora la cantidad de árboles y el volumen de madera.

En muchos aspectos nuestro subdesarrollo como país hace que valiosísimos recursos naturales se desperdicien, esto que es verdad en la pesca y en la agricultura lo es en el aprovechamiento de la madera de encino, a quien vea un mueble o piso elaborados de encino, le parecerá evidente el desperdicio que implica hacer leña y carbón de una madera tan magnífica, que incluso se clasifica como preciosa, de aquí que consideré yo útil una tesis de esta materia para llamar la atención, hacia esta situación de mal aprovechamiento.

En esta tesis se estudian dos puntos muy importantes, en relación al aprovechamiento de la madera de encino, uno el tema principal, trata de la optimización del método de asierre de la madera de encino, para conseguir su mejor aprovechamiento y el segundo punto no menos importante, pero que se profundiza un poco menos, se refiere al secado de la madera de encino en estufa, como un proceso indispensable para elaborar productos más redituables y ampliar el campo de aprovechamiento.

No es justo que un país con tan evidentes riquezas no pueda alimentar, ni hacer prosperar a sus pobladores, es desde todo punto de vista absurdo que las riquezas se desperdicien por falta de un aprovechamiento adecuado, la demagogia, la mala fé y la ignorancia, han hecho que de una especie tan valiosa no podamos sacar más que leña y carbón. Mi estudio tiende a remediar, siquiera en parte la desgracia que

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

apunté. Creo que es importante conocer el mal para imaginar el remedio, precisamente esto es de lo que trato.

Nunca ha sido posible hacer un gran movimiento, para remediar un gran mal, se necesita fijarse metas pequeñas y accesibles para ir enderezando las situaciones inconvenientes o lesivas dentro de los países.

Busco hacer conciencia en la conveniencia del aprovechamiento de este recurso.

Si en México no se ha secado la madera de encino y menos se ha buscado la mejor forma de aprovecharlo, ha sido por ignorancia. pobreza o bien porque se cuenta con otros géneros más fácilmente explotables, así como por otras mil causas negativas. Si a través de las preocupaciones de quienes colaboran con algún estudio, aunque sea en mínima parte remedien algo del mal aprovechamiento de nuestros recursos, si se logra aunque sea un poco, me satisfará.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO 1

LA MADERA

1.1 Definición

La madera se define como el material leñoso que forma los troncos y, ramas de los árboles.

1.2 Clasificación

La madera se ha clasificado en, "maderas blandas" que corresponden a las pináceas, y en "maderas duras", que corresponden a las especies hojosas (angiospermas). Esta clasificación sugiere que las maderas de las coníferas son más blandas que las de las especies hojosas, esto era en general verdad para las maderas que se trabajaban en Europa, en donde surgió esta clasificación. Las pináceas eran fáciles de cortar mientras que las especies hojosas tales como encino, durazno y cerezo, les resultaban maderas difíciles de trabajar por su peso y dureza. Esta clasificación se vuelve confusa, cuando se considera la gran variedad de maderas tropicales (duras), que en algunos casos resultan ser más blandas que muchas de las maderas blandas de Europa. Sin embargo esta clasificación se hizo común por tradición y se sigue empleando comercialmente.

Otra clasificación común de identificación, son los conceptos de madera porosa y no porosa, correspondiendo la primera clasificación a las especies hojosas (angiospermas) o maderas duras, y la segunda a las coníferas (gimnospermas) o maderas blandas.

Algunos investigadores difieren con los términos de los conceptos de porosidad y no porosidad, debido a que puede conducir a error, con los términos de los conceptos de permeabilidad e impermeabilidad a los

líquidos o gases. En el caso del encino blanco, que se encuentra clasificado como madera porosa, su duramen es casi impermeable, mientras que en el caso del pino blanco, que se encuentra clasificado entre la madera no porosa, su albura es sumamente permeable. Esta clasificación de la madera es correcta, aunque no coincide con la permeabilidad de la madera. El poro de una madera es el corte transversal de los vasos, que longitudinalmente son conductores de savia en el árbol, son propios de las angiospermas, ya que son células desarrolladas específicamente para esta tarea, y las gimnospermas que son plantas genealógicamente más antiguas no tienen tan especializada esta función.

OTRAS CLASIFICACIONES			
CLASE BOTÁNICA	ESTRUCTURA ANATÓMICA	FORMA DE LA HOJA	DUREZA (En general)
GIMNOSPERMAS Semilla al descubierto	NO POROSAS (sin vasos)	PUNTIAGUDA O ESCAMOSA (Coníferas)	SUAVES
ANGIOSPERMAS Semilla dentro del ovario	POROSAS (con vasos)	ANCHA Y PLANA (HOJOSAS)	DURAS

La investigadora Carmen Pérez Olvera de la Paz, en su estudio, de "Anatomía de cinco Especies de Encinos de Durango"¹, concluye que los encinos blancos, aunque porosos, son impermeables debido a la presencia de tílides en los vasos. Las cinco especies estudiadas por Carmen Pérez

¹ Pérez Olvera Carmen de la Paz, "Anatomía de la Madera de Cinco Especies de Encinos de Durango" (Boletín Técnico No. 43 INIF) 2a. Edición. México, D.F., Abril 1982. Impreso por los Talleres Gráficos de la Nación, pág.31.

Olvera tienen sus poros ocluidos con tílides, sólo que las especies *Quercus Convallata*, *Quercus potosina* y *Quercus obtusata* (especies blancas) lo presentan en mayor cantidad, que las especies *Quercus crassifolia* y *Quercus sideroxylla* (especies rojas) que lo presentan, sin embargo en forma incipiente.

Es precisamente la presencia de tílides en los vasos de la madera de los encinos blancos la que la ha hecho valiosa en el extranjero y exclusiva para fabricar tonelería, ya que además de ser resistente a la putrefacción, evita la evaporación del contenido y le da un mejor sabor al añejarse; lo contrario acontece con los tapones de las barricas, ya que éstos son elaborados de encino rojo, porque tienen sus vasos libres de tílides, lo que le permite fácilmente el intercambio de gases (Jane, 1956; Brown, 1958).

El "Sistema Natural" de clasificación, establecido por Alexander Braun y publicado en 1864, es una clasificación que no sólo se basa en los caracteres fáciles de observar sino que pone de manifiesto el origen y las interrelaciones de los diversos grupos de plantas, divide a las plantas con flores (espermafitos) en clases, género, subgénero, especies y variedades.

Las espermafitas (espermatofitos o antofitos) comprenden dos subdivisiones, las GIMNOSPERMAS y las ANGIOSPERMAS. Las gimnospermas más primitivas, y biológicamente más antiguas, tienen la semilla al descubierto, hoja perenne en forma de aguja, su madera tiene una estructura homogénea, predominando elementos largos y derechos y es fácil de trabajar (Ahuehuete o Sabino, Cedro, Abeto, y todos los Pinos), a diferencia de las angiospermas que tienen la semilla dentro del ovario, hoja caduca, y su madera presenta marcada heterogeneidad en su estructura, son por lo general más duras y densas, por la gran proporción de traqueidas fibrosas, (Encino o Roble, Caoba, Balsa, Fresno, Nogal, etc.)

pero algunas son maderas ligeras y blandas, la más ligera y blanda de las hojosas es el Balsa, "Ochroma".

GRUPO	CLASE	GENERO	SUBGENERO	ESPECIE
ESPERMAFITOS	GIMNOSPERMAS Semilla al descubierto	PINACEAS		
	ANGIOSPERMAS Semilla dentro del ovario	QUERCUS	LEUCOBALANUS BLANCO	QUERCUS CONVALLATA QUERCUS POTOSINA QUERCUS OBTUSATA
ENCINO		ERYTHROBALANUS ROJO	QUERCUS SIDEROXYLA QUERCUS CRASSIFOLIA	

Los encinos pertenecen a la división de los angiospermas, y dicotiledóneas y al género Quercus, y de acuerdo a sus características morfológicas y anatómicas (Trelase, 1924) los divide en cinco subgéneros, de los cuales existen en México representantes de tres de ellos, pero sólo dos se encuentran en abundancia y distribuidos en las zonas forestales del país², que son:

Leucobalanus o Encinos blancos

Erythrobalanus o Encinos Rojos

1.3 Origen

El crecimiento de un árbol se lleva a cabo en dos direcciones longitudinal y diametral.

El crecimiento longitudinal, es el crecimiento primario, y se lleva a cabo cuando la planta es joven en el brote apical. El tejido primario, durante su desarrollo origina también un incremento diametral aunque en

² Pérez Olvera Carmen de la Paz y Aguilar Enríquez Ma. de Lourdes, Diferencias Morfológicas, Externas y Anatómicas de la madera de los Encinos Blancos y Rojos. (Boletín Técnico INIF. 59), Imprenta D'Jerma S.A., México, Junio 1978, pp. 10, 11, 12.

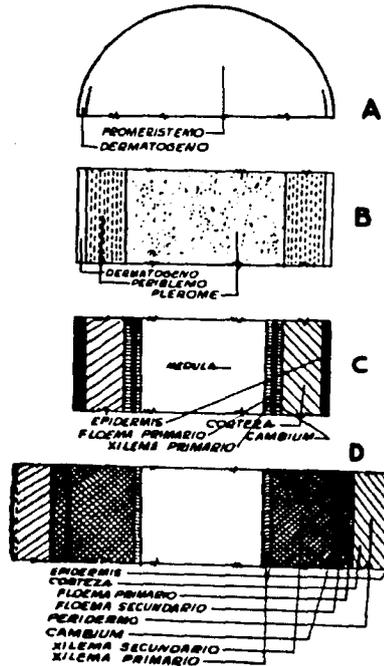
menor proporción que el longitudinal, que da resistencia estructural a la planta.

Una vez que la planta llega a su edad adulta, el crecimiento diametral, toma su lugar, en la zona del cambium, tejido que se localiza entre la corteza interna y la albura.

En el tallo de un árbol de un año de edad, se aprecian claramente los siguientes tejidos, en cuatro cortes transversales a diferentes alturas.

En el brote apical (punta de la planta) (fig. 1.1a) se encuentra un tejido celular llamado promeristemo, y el desarrollo inicial del tejido dermatógeno. En un corte, poco abajo del brote apical, está presente el tejido dermatógeno y el tejido promeristemo, se ha transformado en un tejido central denominado plerome, rodeado del periblemo. (fig 1.1b) En un tercer corte por abajo del anterior, los tejidos primarios están completamente diferenciados. (fig 1.1c) La epidermis que se originó en el dermatógeno, la corteza formada por el periblemo, y el cilindro que se ha desarrollado del plerome.

En la base del tallo, el crecimiento secundario se ha iniciado, y se aprecia que la médula y el xilema primario ocupan el mismo lugar que en el corte anterior. El cambium se ha desplazado hacia afuera, dejando una pared de xilema secundario inmediatamente después del xilema primario, el cambium ahora se encuentra rodeado por el floema secundario que ha desplazado al primario al exterior (fig 1.1d).



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 1.1 Esquema de los tejidos a distintas alturas, en el tallo de un árbol de un año de edad.

1.4 Estructura y anatomía macroscópica de la madera.

Cuando se discute de los elementos estructurales de la madera es conveniente especificar, el punto de vista, con respecto a tres planos, transversal, radial, y tangencial. Cortando perpendicular al tronco se denomina sección transversal. Una sección radial, resulta de cortar longitudinalmente en el sentido de los rayos, de la médula a la corteza.

El plano que es perpendicular a los rayos y tangencial a la corteza, se le llama sección tangencial.

En la sección transversal al tronco de un árbol maduro se distinguen de manera concéntrica las siguientes zonas, como se muestran en la fig. 1.2 son:

Corteza Externa: Sirve como protección y dada su constitución actúa también como aislante contra la evaporación del agua.

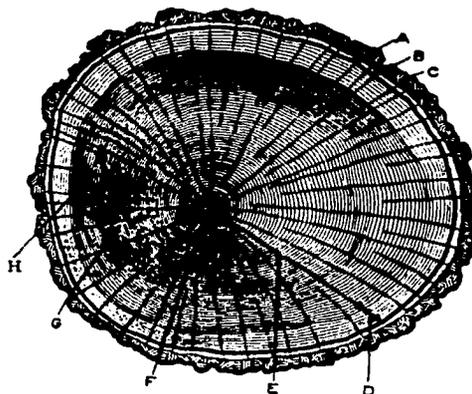
Corteza Interna: (liber o floema) Es un tejido conductor y distribuidor de los alimentos a las células de crecimiento. En los encinos rojos esta corteza es de gran espesor (3 a 3.5 cm) y de color rosado.

Cambium: Es una capa delgada de tejido unicelular, que continuamente forma madera nueva en la parte interior y corteza en la exterior.

Albura: o "madera viva" es la zona que se encuentra entre el cambium y el duramen, su espesor radial es variable según la especie, es generalmente de color más claro que el resto del tronco y está constituido por células fisiológicamente activas o vivas. La albura es la parte del tronco de un árbol maduro más aprovechable y es en sí junto con el duramen lo que constituye "La Madera".

Normalmente el contenido de humedad de la albura es más elevado que en el duramen. Esto sucede sobre todo en las coníferas que presentan un alto contenido de humedad en la albura con relación a su duramen, en el caso de las maderas duras (encinos) el contenido de humedad entre la albura y el duramen es más o menos el mismo. Esta diferencia entre el contenido de humedad a veces también varía con la altura del árbol³.

³ Markwardt L. J. and Wilson T. R. C. "Strength and Related Properties of Woods Grown in the United States." (Technical Bulletin No. 479) United States Department of Agriculture Washington, D.C. September 1935. p. 6 - 7.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 1.2. Sección transversal de un tronco de encino rojo.

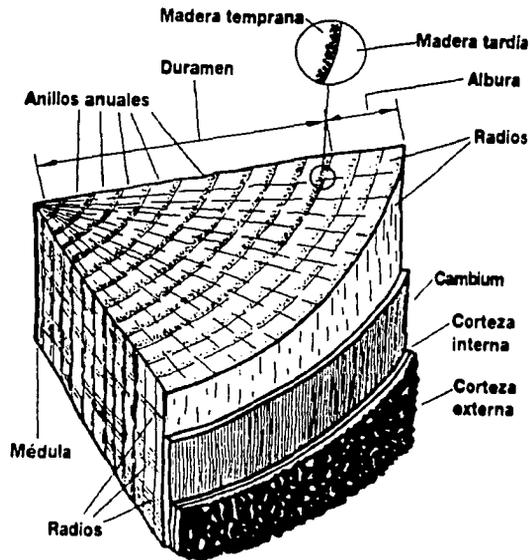
A. Cambium, B. Corteza Interior, C. Corteza Exterior, D. Albura, E. Duramen, F. Médula,
G. Anillos Anuales y H. Rayos.

Duramen: Es la zona que se encuentra concéntricamente entre la albura y la médula del tronco. Esta madera se forma al morir la células de la albura y sirven de sostén al árbol. Su color es por lo general más oscuro que la albura esta coloración se debe a la presencia de aceites, gomas, taninos y otras substancias que se cree son productos de desecho de las células vivas. Vulgarmente se le denomina "madera de corazón".

Médula: Es un prisma en el centro del árbol, de poco diámetro de diversas formas y de tejido muerto. En un árbol maduro es lo primero que se descompone y en algunas especies, como en el encino, desaparece totalmente dejando un hueco.

Anillos Anuales: Son las capas concéntricas, que se forman en un árbol año con año. En los climas templados, la intensidad de crecimiento de un árbol no es uniforme, sino que tiene un periodo latente, o de reposo, durante el invierno, y uno de crecimiento, durante la primavera y el verano,

diferenciándose así el crecimiento diamétrico año con año. En climas tropicales, por lo general, el crecimiento del árbol es más o menos uniforme, por lo que presenta poca o ninguna diferencia en los crecimientos anuales, y por tal razón es difícil distinguir los anillos anuales. Generalmente los anillos tienden a ser más angostos, conforme el diámetro del árbol se incrementa. Los anillos más cercanos a la médula tienen mayor curvatura y durante el secado, la madera en esta zona tiende a alabearse más que en las otras⁴.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 1.3 Estructura macroscópica de la madera.

En un anillo anual se distinguen dos partes, una llamada madera temprana, o de primavera, y la otra llamada madera tardía, o de verano. La madera de primavera se llama así porque se forma durante la estación

⁴ Fernández Guillermo. "El Estufado de la Madera. Teoría y Práctica", Primera Edición, México 1962. p. 7.

primaveral, que es el período de crecimiento más activo, se forma en este período una madera blanda, porosa, y de color más claro que el de la madera de verano. La madera de verano se forma en la parte final de la temporada de crecimiento del árbol, se lleva a cabo en el verano. En la mayoría de los casos la madera de verano es más resistente, sus células más pequeñas, y de color más oscuro, la cual contrasta con la madera de primavera, diferenciándose así el crecimiento diamétrico año con año⁵. Dentro de una misma especie, la madera de verano es por lo general mucho más densa (menos porosa) que la madera de primavera por lo que guarda una proporción directa con el peso específico relativo de la madera y por lo tanto de resistencia⁶.

La velocidad de crecimiento (anillos anuales por centímetro) no tiene relación con la resistencia de la madera⁷.

Rayos: Son láminas longitudinales formadas por hileras de células parenquimatosas que parten del centro, o médula en forma radial, cortando los anillos en ángulo recto. Los rayos pueden ser de una sola hilera de células (uniseriados) o de varias (poliseriados)⁸. La cantidad de rayos por milímetro así como la cantidad de series de células por los que estén constituidos los rayos y la altura que éstos alcancen, influye en los cambios dimensionales, deformaciones y en qué tan susceptible sea a rajarse la madera. El rayo es más ancho cuando está constituido por un mayor número de series de células y entre más ancho sea el rayo, la madera se raja con mayor facilidad, durante el secado, por esta razón los procesos de secado deben de ser suaves y lentos cuando se trate de maderas con

⁵ Parra Alfredo, Valdés Francisco, Borgo Gumersindo. "El Secado de Maderas en Estufa". Impresora Barrie, S.A., 1953. pág. 7.

⁶ Markwardt L. J. and Wilson T. R. C. Op. Cit. pág. 6.

⁷ Markwardt L. J. and Wilson T. R. C. Op. Cit. pág. 6.

⁸ Pérez Olvera Carmen de la Paz y Aguilar Enríquez Ma. de Lourdes. Op. Cit. pág. 10.

rayos constituidos por varias hileras de células."⁹ En el caso de los encinos, los rayos son anchos, y visibles a simple vista tal como se muestran en la figura 1.4.

A continuación se muestra una tabla comparativa de las diferencias en los rayos de los encinos Blancos y Rojos¹⁰.

Rayos	Blancos	Rojos	Unidades
Altura	1.5 a 3 ó más	0.5 a 1.5	Centímetros
Ancho	2 a 70	2 a 35	Series de células
Frecuencia	1 a 2	3 a 4	Rayos en cada 5 mm.

La presencia de estos rayos largos y anchos, de los encinos blancos propician que la madera se raje con mucha facilidad, no ocurriendo así con la de los rojos que aún cuando también son susceptibles al rajado, éste se presenta con menor intensidad, debido a que sus rayos son más angostos que los de los blancos¹¹.

1.5 Estructura microscópica de la madera.

"La madera es un material de naturaleza orgánica muy compleja, sin embargo la anatomía de la madera de las coníferas es la más sencilla ya que son genealógicamente más antiguas, consta de células largas (7 mm. o más), huecas y en forma de tubo, con los extremos cerrados más o menos puntiagudos, unas tienen paredes gruesas (traqueidas que forman la madera tardía o de verano) y otras de paredes delgadas

⁹ Pérez Olvera Carmen de la Paz y Aguilar Enríquez Ma. de Lourdes. Op. Cit. pág. 11.

¹⁰ Pérez Olvera Carmen de la Paz y Aguilar Enríquez Ma. de Lourdes. Op. Cit. pág. 11.

¹¹ Avila Suárez Carlos G., " Árboles de México: El Encino." Revista de la Cámara Nacional de la Industria Forestal, México, Editada por el Centro de Información, S.A., año 3, No. 10 Junio-Agosto 1990. pág. 15.

(traqueidas que forman la madera temprana o de primavera). Estas traqueidas llamadas comúnmente fibras, constituyen del 90 a 95% del total de las células que forman la madera, el resto son células parenquimatosas que integran los rayos, el epitelio de los canales resiníferos y el parénquima leñoso o axial"¹².

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

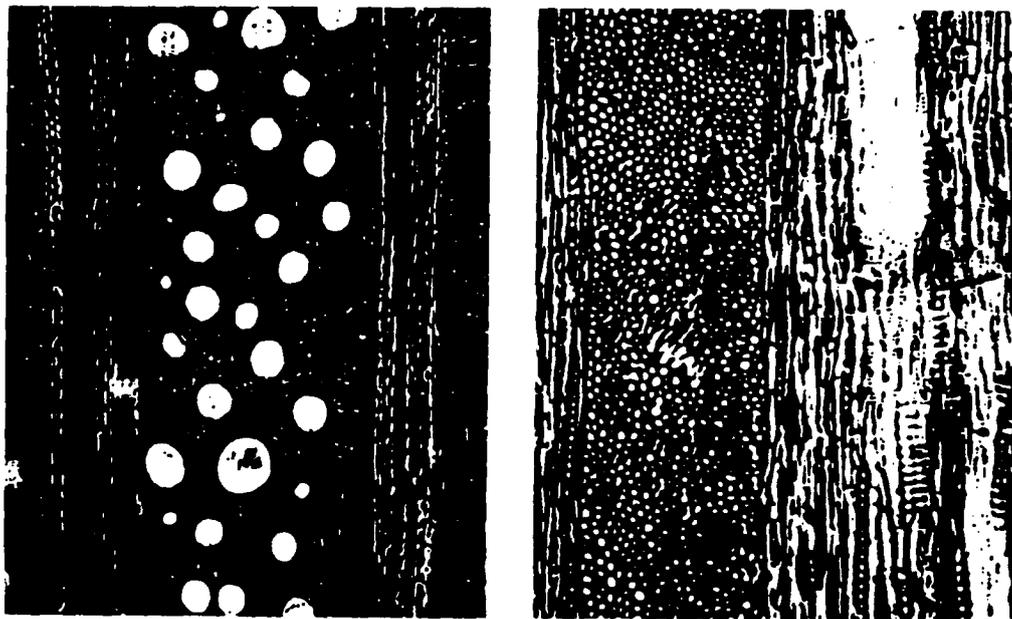


Fig. 1.4. Corte transversal (izquierda) y tangencial (derecha) de un encino rojo. Vasos en corte transversal libres de tñides y rayos poliseriados menos anchos que en los encinos blancos.

"En cambio, la madera de las latifoliadas presenta mayor variabilidad, en muchas especies muestran una marcada heterogeneidad en su

¹² Huerta Crespo Juana. "Notas sobre Anatomía de Maderas en Relación al Secado" Revista Ciencia Forestal, Vol. 1 No. 1 Mayo-Junio, 1976. págs. 43-51.

estructura, sin embargo, su madera está constituida sólo por tres diferentes tipos de células: Las fibras, que son largas de forma semejante a las traqueidas de las coníferas, los elementos de vaso, que forman los vasos y que en corte transversal se les llama poros, y las células parenquimatosas que constituyen los rayos (uniseriados, biseriados, triseriados, poliseriados), y el parénquima axial, leñoso, longitudinal o xilemático. Este último se puede presentar asociado a los vasos (parénquima paratraqueal) o no asociado a ellos (parénquima apotraqueal)."¹³ El parénquima en las maderas duras, constituye menos del 20 por ciento del total de las células que la forman, o más del doble de lo que presentan las maderas suaves.

Las células parenquimatosas, se caracterizan por ser células vivas, capaces de crecer y dividirse. Las células varían en su forma, a menudo tienen la forma de un poliedro, pueden ser estrelladas o muy alargadas. Sus paredes son en la mayoría de los casos primarias, aunque también existen paredes secundarias. Forman continuamente tejido en la corteza del tronco y la raíz. Son células primarias de origen, en la médula y la corteza, y primarias ó secundarias en el tejido vascular.

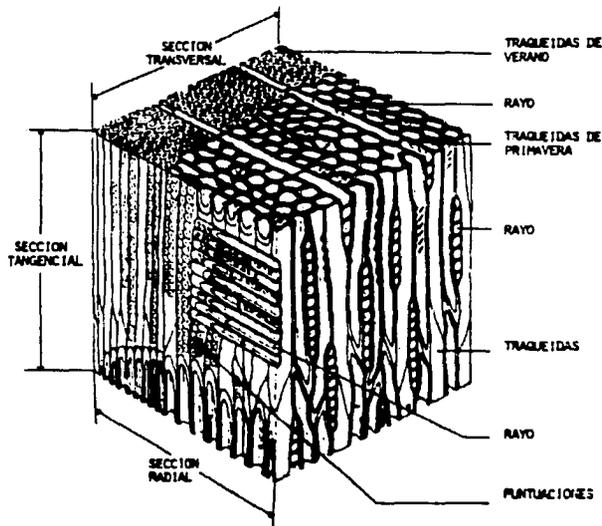
El parénquima realiza la función de la fotosíntesis, almacena varias sustancias, algunas con propiedades curativas para las heridas. Las células parenquimatosas tienen estructuras especializadas de secreción y extracción en mayor o menor grado según la especie.

Los vasos, corresponden a las traqueidas de las maderas suaves, en corte transversal se les denomina poros, tienen un lumen grande, en comparación con otro tipo de células. Los elementos de vaso individualmente, son células tubulares, abiertas de los extremos, paredes relativamente delgadas, que unidas por los bordes del cilindro forman el vaso (poro). Tienen como función la conducción longitudinal de los líquidos

¹³ Huerta Crespo Juana. Op. Cit. pág. 51.

en el árbol. Las paredes del vaso tienen pequeñas perforaciones, que sirven a la conducción lateral a las células vecinas. Los elementos de vaso, varían en tamaño y forma, dependiendo de la especie del árbol, y de la ubicación de éstas, en el anillo anual.

Fibra Libriforme, es una célula en apariencia y función completamente distinta a los vasos. Este elemento es de pared gruesa, lumen angosto, y alargado. Está adaptado para dar fuerza y soporte, más que conducción ya que tiene los extremos cerrados en punta. La resistencia mecánica de la madera se deriva básicamente en la cantidad de éstas fibras en la madera.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 1.5. Cubo de madera en el que se observan los tres cortes típicos en la disposición de cada una de las estructuras que lo forman.

La configuración microscópica de la madera, en un anillo anual, está asociada con la reducción en las dimensiones del radio de las traqueidas, así como en el espesor de las paredes de las células. Las traqueidas de la

madera temprana tienen paredes delgadas y en su sección son poligonales, mientras que las células de la madera tardía, tienen paredes más gruesas y son células planas, por esta razón proporcionan un tono más oscuro en el anillo anual¹⁴.

Inclusiones en las células

Tíldes:¹⁵ o tilosis, son células largas, huecas en forma de tubo con los extremos cerrados y puntiagudos y se encuentran contenidas en las células del parénquima, se introducen en los vasos a través de las puntuaciones de los mismos, son formaciones exclusivas de las angiospermas.

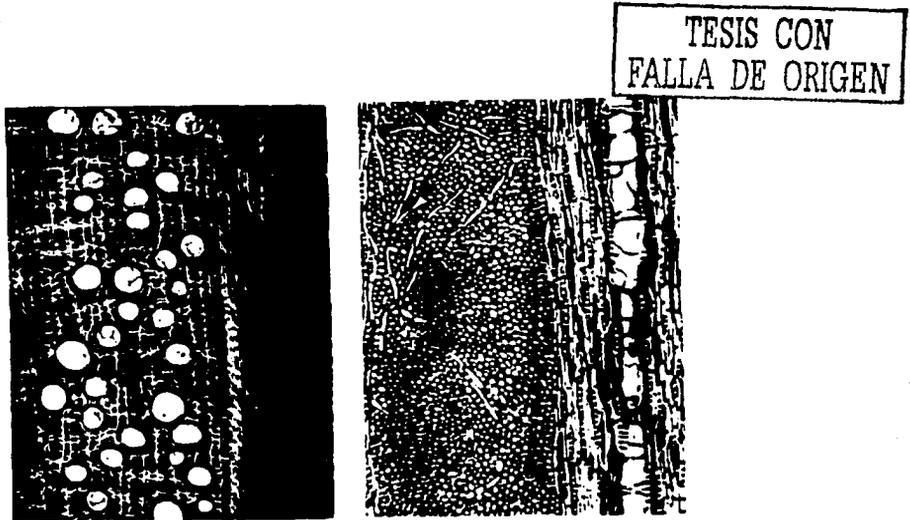


Fig. 1. 6 Corte transversal izquierda y tangencial derecha de un encino blanco. Se ven los vasos en corte transversal ocluidos por tíldes, y los rayos poliseriados excesivamente anchos y algunos cristales en las células del parénquima radial.

¹⁴ Franz F. P. Kollman, Wilfred A. Coté, Jr. "Principles of Wood Science and Technology" Tomo I, Solid Wood. Germany, Editada por Springer-Verlang, 1968. pág. 6.

¹⁵ Pérez Olvera Carmen de la Paz y Aguilar Enriquez Ma. de Lourdes. Op. Cit. pág. 11.

Las tilides se forman en muchas maderas como parte del proceso de transformación de albura a duramen, su tamaño y forma son determinados por el espacio del lumen del vaso. En los encinos blancos se presentan de manera abundante taponeando el lumen de los vasos.

Cristales:¹⁶ Los cristales son depósitos inorgánicos de sales de calcio, predominantemente de oxalato de calcio, que frecuentemente se establecen en el parénquima de las angiospermas, y rara vez en las pináceas. La importancia de estos cristales estriba en que su presencia abundante puede provocar rajaduras aún en el árbol vivo y su asierre se dificulta por deterioro ó desgaste que sufren las sierras por el efecto corrosivo y erosionante de estos depósitos de sal.

Los cristales en la madera de encino, son de forma romboidal y son más abundantes en los encinos blancos que en los rojos, lo que dificulta la industrialización de los primeros.

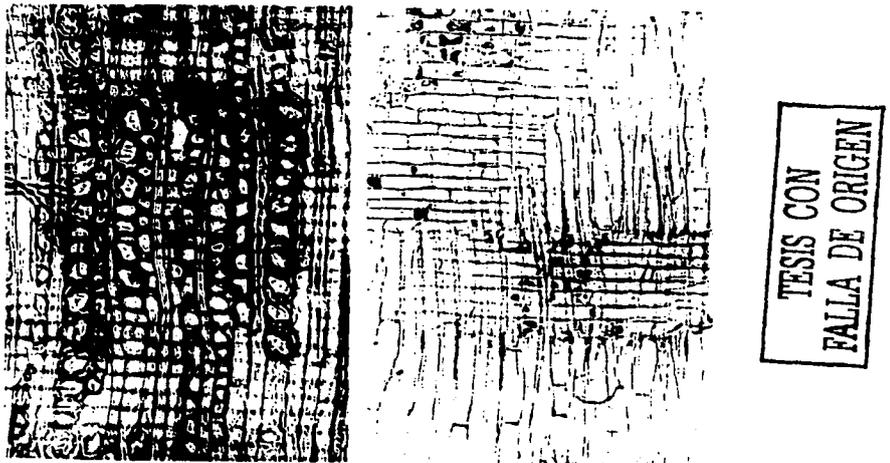


Fig. 1.6 A la izquierda corte radial de un encino blanco con abundantes cristales de forma romboidal en las células del parénquima. A la derecha corte radial de un encino rojo sin cristales.

¹⁶ Pérez Olvera Carmen de la Paz y Aguilar Enríquez Ma. de Lourdes. Op. Cit. pág. 12.

CAPITULO 2

PROPIEDADES DE LA MADERA Y CARACTERISTICAS QUE DEBEN REUNIR LAS MADERAS DESTINADAS A LA ELABORACION DE PISOS

La madera es un material anisotrópico, lo que significa que las diferentes maderas varían en sus propiedades debido a que presentan gran diversidad en su estructura anatómica, como es: el arreglo, tipo, abundancia y tamaño de sus célula que la constituyen, su composición química y estructura física de sus paredes celulares.

El conocimiento de las propiedades de la madera es de especial interés para todas aquellas personas que la trabajan y que han de sacar de ella sus máximos rendimientos así como, en base a estas propiedades designar su uso.

Es necesario entonces definir al menos las principales propiedades físicas y los rangos de variación para poder deducir el comportamiento y las ventajas de usar madera de encino como recubrimiento de pisos.

En este orden de ideas, estudiando las propiedades físicas de las maderas, se ha llegado a la conclusión de que el encino es ideal para el recubrimiento de pisos.

2.1 Propiedades físicas.

Naturaleza Coloidal. La madera es una sustancia coloidal (poros muy chicos) por lo tanto tiene cierta afinidad para la humedad del medio ambiente, el contenido de humedad en una pieza de madera varía con la humedad relativa del medio ambiente que la rodea, a mayor contenido de humedad el volumen de la pieza aumenta (se hincha) y cuando se seca se contrae. La variedad morfológica, macro y microscópica, en las tres

direcciones, es la base por la que se dan cambios dimensionales desiguales en las direcciones radial, tangencial y longitudinal en la madera, pudiéndose definir para cada especie de madera coeficientes de dilatación según cada uno de los planos.

La contracción total que toma lugar en una dirección desde su estado verde a seco, se expresa en porcentaje en relación a su estado verde. Este enjuntamiento se expresa como sigue:

$$\%C = \frac{(D_v - D_s)}{D_v} \times 100$$

Donde:

$\%C$ = La total contracción o enjuntamiento en porcentaje.

D_v = La dimensión en estado verde.

D_s = La dimensión en estado seco.

Las contracciones aproximadas representadas como un porcentaje del estado verde en corte tangencial y radial para varias especies se muestran en la siguiente tabla.

La contracción en algunas maderas es substancial, pero quizás el factor más importante, es el diferencial en los cambios dimensionales en las diferentes direcciones y el crecimiento que se lleva acabo por la reabsorción de agua.

Tabla 2.1

MADERAS DURAS

Nombre en Inglés	Nombre en Español	Contracción %		
		Tangencial	Radial	T/R
Alder, Red	Aliso rojo	7.3	4.4	1.7
Ash, Black	Fresno negro	7.8	5.0	1.6
Ash, White	Fresno blanco	7.8	4.9	1.6

MADERAS DURAS

Nombre en Inglés	Nombre en Español	Contracción %		
		Tangencial	Radial	T/R
Aspen, Quaking	Alamo temblón	6.7	3.5	1.9
Balsa	Balsa	7.6	3.0	2.5
Basswood, American	Tilo, americano	9.3	6.6	1.4
Beech, American	Haya, americano	11.9	5.5	2.2
Birch, Yellow	Abedul, Amarillo	9.2	7.2	1.3
Butternut		6.4	3.4	1.9
Cherry, Black	Cerezo, negro	7.1	3.7	1.9
Chestnut	Castaño	6.7	3.4	2.0
Chinkapin, Golden		7.4	4.6	1.6
Cottonwood, Eastern	Alamo de Virginia	9.2	3.9	2.4
Dogwood, Flowering		11.8	7.4	1.6
Elm American	Olmo americano	9.5	4.2	2.3
Elm Rock	Olmo piedra	8.1	4.8	1.7
Hackberry		8.9	4.8	1.9
Hickory, Pecan	Pecanera	8.9	4.9	1.8
Hickory, Shagbark		10.5	7.0	1.4
Holly, American		9.9	4.8	2.1
Honeylocust		6.6	4.2	1.6
Hophornbeam, Eastern		10.0	8.5	1.2
Locust, Black		7.2	4.6	1.6
Madrone Pacific		12.4	5.6	2.2
Magnolia Southern		6.6	5.4	1.2
Maple, Red	Arce (maple)	8.2	4.0	2.0
Maple, Sugar	Arce dulce	9.9	4.8	2.1
Oak, Red	Encino o roble Negro	11.1	4.4	2.5
Oak, Live	Encino (vida)	9.5	6.6	1.4
Oak, Northern Red	Encino rojo del Norte	8.6	4.0	2.2
Oak, Overcup	Encino (cucaracha)	12.7	5.3	2.4
Oak Red	Encino o roble rojo	8.9	4.2	2.1

MADERAS DURAS

Nombre en Inglés	Nombre en Español	Contracción %		
		Tangencial	Radial	T/R
Oak, Southern Red	Encino rojo del Sur	11.3	4.7	2.4
Oak, White	Encino blanco	10.5	5.6	1.8
Persimmon	Caqui	11.2	7.9	1.5
Sassafras	Sassafras	6.2	4.0	1.6
Sweetgum		10.2	5.3	1.9
Sycamore, American		8.4	5.0	1.7
Teak	Teca	4.0	2.2	1.8
Tupelo, Black	Nisa negra	8.7	5.1	1.7
Walnut, Black	Nogal Negro	7.8	5.5	1.4
Walnut, European	Nogal europeo	6.4	4.3	1.5
Willow, Black	Sauce	8.7	3.3	2.6
Yellow, Poplar	Alamo amarillo	8.2	4.6	1.8

Tabla 2.2**MADERAS SUAVES**

Nombre en Inglés	Nombre en Español	Contracción %		
		Tangencial	Radial	T/R
Baldcypress	Sabino o ahuehuete	6.2	3.8	1.6
Balsa	Balsa	7.6	3.0	2.5
Cedar, Alaska		6.0	2.8	2.1
Cedar, Eastern Red	Cedro rojo del Este	4.7	3.1	1.5
Cedar, Incense		5.2	3.3	1.6
Cedar, Northern White	Cedro blanco	4.9	2.2	2.2
Cedar, Western Red	Cedro rojo del Oeste	5.0	2.4	2.1
Douglas Fir (Coastal)	Pinabete Douglas	7.8	5.0	1.6
Douglas Fir (Inland)	Pinabete Douglas (Inland)	7.6	4.1	1.9
Fir, Balsam	Pinabete bálsamo	6.9	2.9	2.4
Fir, White	Pinabete blanco	7.1	3.2	2.2

MADERAS SUAVES

Nombre en Inglés	Nombre en Español	Contracción %		
		Tangencial	Radial	T/R
Hemlock, Eastern		6.8	3.0	2.3
Hemlock, Western		7.9	4.3	1.8
Larch, Western	Alerce o lárice del Oeste	9.1	4.5	2.0
Pine, Eastern White	Pino blanco del Este	6.1	2.1	2.9
Pine, Loblolly	Pino loblolly	7.4	4.8	1.5
Pine, Lodgepole	Pino	6.7	4.3	1.6
Pine, Longleaf		7.5	5.1	1.5
Pine, Ppitch		7.1	4.0	1.8
Pine, Ponderosa	Pino ponderosa	6.2	3.9	1.6
Pine, Red	Pino rojo	7.2	3.8	1.9
Pine, Shortleaf	Pino de hoja corta	7.7	4.6	1.7
Pine, Slash		7.6	5.4	1.4
Pine, Sugar	Pino azúcar	5.6	2.9	1.9
Pine, Western White		7.4	4.1	1.8
Redwood, Old Growth	Secoya o sequoia vieja	4.4	2.6	1.7
Redwood, Young Growth	Secoya joven	4.9	2.2	2.2
Spanish, Cedar	Cedro español	6.3	4.1	1.5
Spruce, Engelmann	Abeto	7.1	3.8	1.9
Spruce, Red	Abeto rojo	7.8	3.8	2.1
Spruce, Sitka	Abeto sitka	7.5	4.3	1.7
Tamarack		7.4	3.7	2.0
Yew, Pacific		5.4	4.0	1.4

El rango de variación en la contracción tangencial va del 4% para la madera de Teca hasta el 12.7% para el encino cuchara (overcup oak) con un promedio de 7.95%. Radialmente los rangos van de un 2.2% para la madera de teca o secoya hasta 7.9% para el caqui (persimmon) promediando un 4.39%.

En general el coeficiente de dilatación radial es $\frac{1}{2}$ de la dilatación tangencial (4%) y la dilatación o contracción tangencial es del doble de la radial (8%) y la dilatación longitudinal es $\frac{1}{20}$ de la dilatación radial (0.1%).

Conforme las moléculas del agua entran y salen de las paredes celulares, la contracción o dilatación es perpendicular a la cadena celulósica y no afecta su longitud. La total contracción en el sentido del grano es normalmente del 0.1%.

La diferencia entre la contracción radial y tangencial, se debe a la estructura anatómica, principalmente por los rayos medulares dispuestos en forma radial, que sirven durante la vida del árbol como conductores de sabia y agua, éstos son cadenas de células laminadas que encogen poco longitudinalmente, en cambio en el sentido tangencial son los vasos los que liberan el agua y se adelgazan, es decir la contracción es perpendicular a la estructura de la cadena celulósica.

La velocidad de secado así como la capacidad de absorción de humedad del medio ambiente se encuentra íntimamente ligada a la anatomía y disposición de los elementos que constituyen la madera, así pues una tabla con corte tangencial donde los rayos medulares quedan expuestos al aire en las caras de la tabla, facilitan la salida del "agua libre"¹⁷, por consiguiente se seca mucho más rápido, así como por contra absorbe con mayor facilidad la humedad del medio ambiente, cosa que no ocurre en una tabla con corte radial, ya que los rayos medulares sólo encuentran la salida del agua por los cantos de la tabla, esto es en una menor superficie.

Considerar este comportamiento, resulta de esencial interés cuando se coloca un piso de madera, que no sólo va absorber la humedad del

¹⁷ Se explica este concepto en el capítulo siguiente.

medio ambiente, sino la humedad del subsuelo, que es la que más aflige a los que colocan un piso de madera.

En una duela o parquet elaborados con corte plano o tangencial, absorbe más fácilmente la humedad del subsuelo, produciéndose con esto el crecimiento de la duela o tablilla de parquet a lo ancho, así como una deformación por diferencia de humedad entre las dos caras. En cambio en un corte radial la madera absorbe menos la humedad del subsuelo, además en el supuesto de que contrajera el mismo contenido de humedad, ésta tendría menor grado de deformaciones y el cambio dimensional a lo ancho sería de menos de la mitad que en un corte tangencial, lo que en la colocación de un piso resulta muy ventajoso.

Conductividad Térmica: Todos estamos familiarizados con la relativa conductividad térmica de la madera. Que más bien actúa como un aislante más que un conductor del calor. La sensación de caliente o frío depende no sólo de la temperatura del objeto, sino también de la velocidad a la que conduce el calor. Por ejemplo si se tocan dos pedazos fríos, uno de metal y el otro de madera. el calor de nuestra piel se conduce hacia el metal mil veces más rápido que hacia la madera, y por ello aunque estén a la misma temperatura la madera se siente más tibia.

Entonces la capacidad de un material para conducir el calor, depende de su conductividad específica y de su calor específico, siendo el calor específico la cantidad de energía necesaria para elevar un gramo un grado centígrado.

Aunque el calor específico de la madera es similar a la de muchos metales la conductividad es mucho menor, esto se debe al contenido de aire en las células de una madera completamente seca. La conductividad de la madera en estado verde es mucho mayor que la seca ya que las

células están llenas de agua y el agua es un mejor conductor del calor que el aire.

Entonces la conductividad térmica de la madera depende de su densidad específica y de su contenido de humedad, y se calcula con la siguiente fórmula: $K = S (1.39 + 0.028 CH) + 0.165^{18}$.

Donde K = al coeficiente de la conductividad térmica relativa. La cantidad de BTU's que fluyen en una hora a través de un material de una pulgada de grueso en una área de un pie cuadrado, por los °F de diferencia de temperatura entre un lado el otro (Btu/ft²/°F/hr/in).
 S = Densidad específica, CH = al contenido de humedad en %.

El coeficiente de la conductividad térmica relativa, K muestra la velocidad a la que fluye el calor a través de varios materiales y su recíproco $1/K = R$, (aislante) entre mayor sea R mejor aislante es.

Material	k	R
Aislantes sintéticos, espuma, fibra de vidrio	0.2 a 0.3	3.3 a 5.0
Maderas secas, perpendicular al grano	0.4 a 1.2	0.8 a 2.5
Aire	0.16	6.25
Agua	4.00	0.25
Ladrillo	4.50	0.22
Vidrio	5.00	0.20
Concreto	7.50	0.13
Hielo	15.00	0.07
Mármol	17.00	0.06
Acero	310.00	0.003
Aluminio	1,400.00	0.0007

¹⁸ Franz F. P. Kollmann, Wilfred A. Coté, Jr. "Principles Science and Technology". Editorial Springer-Verlang, N.Y. -Berlín Inc. 1968 Tomo I Solid Wood, Capitulo Wood Machining, pag. 475.

Densidad o peso específico: Es la masa por unidad de volumen, generalmente se expresa en Kgr/m^3 o gr/cm^3 . La densidad de la madera depende en buena medida del contenido de humedad de ésta. A humedad constante la variación en la densidad de las diferentes maderas refleja la cantidad relativa de pared celular con respecto al volumen de aire en los poros de la madera. En términos generales la densidad de la madera varía entre los 80 Kgr/m^3 para la madera balsa a más de $1,000 \text{ Kgr/m}^3$ para algunas maderas tropicales. Si este peso se compara con el peso de un volumen igual en agua destilada a 4 grados el cociente es un número abstracto que sólo indica el número de veces que una sustancia es más o menos pesada o densa que el agua, y se denomina peso específico relativo. Corresponde al término Inglés "Specific Gravity".

La densidad de una madera está íntimamente ligada a sus propiedades, entre mayor sea su densidad mayor es su resistencia, la dureza es una de las características más ligadas al peso específico.

2.2 Propiedades mecánicas.

La resistencia de la madera varía para un mismo esfuerzo según el plano (tangencial, radial o longitudinal) donde se aplique el esfuerzo, ya que se trata de un material anisotrópico y heterogéneo.

Ocurre una deformación elástica cuando al retirar la fuerza el material regresa a su estado natural. Cuando se incrementa el esfuerzo, las dislocaciones empiezan a producirse y ocurre un deslizamiento y el material empieza a deformarse plásticamente. A diferencia de la deformación elástica, la deformación ocasionada por el deslizamiento es permanente.

El esfuerzo de fluencia es aquél en el que el deslizamiento se hace notorio e importante, y se lleva a cabo una deformación plástica (permanente).

Módulo de elasticidad o módulo young. Es la pendiente de la curva esfuerzo deformación en la región elástica. Esta relación se denomina "Ley de Hooke". Una pendiente muy acentuada, indica que se requieren grandes fuerzas para producir una deformación elástica.

La resistencia se define como la capacidad de un material para soportar un esfuerzo. En función del tipo de esfuerzo, dirección en que se aplica y tipo de deformación que se produce se definen los diferentes tipos de resistencias: a la flexión, compresión, torsión, tensión, cizallamiento, dureza, abrasión, al choque, hendibilidad, etc.

Esfuerzos primarios básicos.

Tensión: Es el que tiende a alargar la pieza en el sentido del eje longitudinal. El ensayo de tensión (o tracción) mide la resistencia de un material a la aplicación gradual de un fuerza tensora. La resistencia a la tensión es el esfuerzo en que se inicia la estricción.

La resistencia a la tensión paralela al grano es extremadamente alta y alcanza para algunas especies secas al aire libre al 12% de contenido de humedad un máximo de 3,000 Kp/cm², fuerza ejercida sobre una sección "área", la resistencia a la tensión de la fibras separadas es mucho mayor y varían entre 2,000 y 13,000 Kp/cm² este fenómeno no es de sorprenderse ya que los materiales orgánicos tienen un proceso de crecimiento biológico que obedece a leyes estadísticas, y tiene zonas fuertes y débiles distribuidas en su material y la cadena siempre se rompe de la ligadura más débil.

Desafortunadamente la alta resistencia de la madera a la tensión no se puede aprovechar ya que la resistencia al cizallamiento paralela al grano es extremadamente baja (6 a 10%) en comparación a la resistencia a la tensión paralela al grano, entonces ocurre primero una falla de cizallamiento (de corte) en el sentido del grano, al sujetar los extremos.

Resistencia a la tensión perpendicular al grano, es mucho inferior a la resistencia a la tensión en el sentido del grano, y varía de 30 a 130 kp/cm².

Cuando se coloca duela sobre bastidor, nos interesa el esfuerzo deflexión: encino 135 Kp/cm² y del pino inferior 57 kp/cm².

Compresión: Es el esfuerzo que tiende a comprimir, aplastar un material. El ensayo de compresión, mide la resistencia de un material a la aplicación gradual de una fuerza compresora. La muestra de ensayo puede tener varias dimensiones según los estándares de especificación (Aleman, Francés, etc.) El estándar alemán marca especímenes de prueba de 2 cms. X 2 cms., cuando se incrementa la sección, la resistencia a la compresión disminuye, debido a imperfecciones e irregularidades de la madera, lo mismo ocurre cuando se incrementa la longitud del espécimen de prueba, por ello se recomienda que la relación de largo entre ancho sea igual a 4.

En general la máxima fuerza compresora que soporta una madera seca al aire en el sentido paralelo al grano es sólo del 50% de la que soporta a la tensión. La diferencia en el comportamiento de la madera a la acción de una fuerza compresora y una tensora se debe a su estructura fibrosa y la lignia que las sujeta, a la tensión.

Tabla 2.3

**Resistencias Mecánicas Perpendiculares al Grano
de algunas Especies Comerciales**

Especie	Densidad g/cm³	% Contenido de humedad	Tensión kp/cm²	Flexión kp/cm²	Impacto Kp/cm²	Cizallamiento kp/cm²
Encino	0.64 – 0.68 0.66	12.1 – 12.6 12.4	93 – 97 90	128 – 141 135	1.2 – 1.4 1.3	20.2 – 31.8 26.3
Haya	0.67 – 0.73 0.69	11.5 – 11.8 11.7	96 – 118 107	135 – 146 142	1.4 – 1.6 1.5	24.6 – 38.1 31.1
Hornbeam	0.76 – 0.78 0.77	10.8 – 11.3 11.2	--- ---	58 – 91 80	0.9 – 1.3 1.2	27.1 – 33.3 30.2
Nogal	0.58 – 0.66 0.60	10.9 – 11.4 11.2	98 – 114 105	169 – 183 175	1.6 – 2.2 1.9	21.1 – 32.6 29.7
Aliso	0.57 – 0.59 0.58	9.8 – 10.1 10.0	50 – 60 58	90 – 92 91	1.0 – 1.7 1.3	20.7 – 25.4 22.8
Lima	0.53 – 0.56 0.55	10.4 – 10.8 10.7	69 – 79 73	92 – 99 96	0.9 – 1.4 1.2	24.5 – 26.5 25.9
Abeto	0.48 – 0.69 0.54	11.5 – 11.6 11.7	33 – 40 38	42 – 49 46	0.7 – 1.0 0.9	15.0 – 20.4 17.3
Lárice	0.66 – 0.72 0.68	11.6 – 12.3 12.1	48 – 52 50	69 – 77 75	0.9 – 1.1 1.0	11.3 – 27.9 20.1
Pino	0.51 – 0.58 0.55	10.9 – 13.7 12.0	32 – 37 34	53 – 64 57	0.7 – 1.0 0.8	15.1 – 19.6 17.4

La resistencia a la compresión de la madera en sentido perpendicular al grano es importante en la construcción, durmientes de ferrocarril, duelas para piso, etc. Aunque en realidad una ruptura de la madera por compresión a través del grano es prácticamente nula y la deformación elástica que se lleva a cabo hasta el punto de fluencia es de tan sólo 1%, además de que la madera se densifica con la aplicación de una fuerza compresora. A 22.5 C° el haya tiene una resistencia a la compresión perpendicular al grano de 1,750 Kp, el álamo de 1,030 Kp y el Pino de 1,210 Kp.

Cizallamiento: Es el esfuerzo que tiende a cortar la pieza. El ensayo de, cizallamiento es útil para determinar la resistencia a la tensión, flexión e impacto de la madera perpendicular al grano, ya que los valores que arroja este ensayo son proporcionales en el sentido perpendicular al grano.

Flexión: Es el esfuerzo que produce una deflexión. Para examinar el fenómeno de flexión en la madera, hace falta conocimiento de la distribución de las fuerzas de tensión, compresión y cizallamiento a lo largo del eje longitudinal de la viga. Al aplicar una fuerza estática P al centro de una viga, esta se deflexiona, produciendo un esfuerzo de tensión en la cara inferior y de compresión en la superficie superior. El esfuerzo tanto de tensión como de compresión son superiores en las superficies decreciendo hasta cero en el eje neutral donde se produce un cizallamiento.

En el ensayo de flexión, según las especificaciones de los estándares alemanes, el ensayo se debe llevar a cabo con un espécimen de 2 X 2 cms., hasta 4 X 4 cms., y un largo de 18 veces uno de sus lados, y la fuerza se aplica en la cara tangencial de la viga, durante el incremento gradual de la fuerza se lleva a cabo la lectura de la deflexión producida, para posteriormente graficar la curva de esfuerzo deformación (deflexión).

El sentido del grano tiene gran influencia en el ensayo a la flexión ya que si el punto de apoyo es paralelo al grano, lo que se produce es un corte (cizallamiento) en el punto de apoyo antes de llegar a su máxima deflexión.

Las resistencias de la madera en general aumentan proporcionalmente con el incremento del peso específico, siempre y cuando el peso específico elevado se deba a lo cerrado de los poros y cavidades y no a la presencia de resinas que elevan el peso específico, pero disminuyen la cohesión, disminuyendo así su resistencia a la flexión. Este fenómeno ocurre principalmente con las coníferas.

Resistencia al Impacto: Todos los ensayos de tensión, compresión, cizallamiento y flexión dijimos que se llevan a cabo con la aplicación gradual de un esfuerzo, ahora bien si este esfuerzo es la aplicación de un golpe intenso y repentino se llama prueba o ensayo de impacto, ya bien sea a la compresión, flexión, etc. La capacidad de un material para resistir un impacto se le denomina tenacidad del material, y es la capacidad que tiene un material de absorber la energía. Los artículos de madera, como escaleras, máquinas, mangos de herramienta, vigas para la construcción etc., fallan más frecuentemente bajo la influencia de un esfuerzo de impacto que con una carga estática.

Abrasión: Resistencia al desgaste por fricción.

Resistencia a la Penetración (Dureza): La dureza de un material, se define como la resistencia superficial a la penetración de un cuerpo sólido efectuada por fuerza por un objeto duro.

En el ensayo de dureza Brinell, una esfera o bola de acero duro, de 10 mm de diámetro, se presiona sobre la superficie de un material. Se mide el diámetro de la marca producida en la superficie y se calcula el índice de dureza Brinell (BHN - Brinell hardness number) mediante la siguiente ecuación.

$$BHN = \frac{F}{D(D - \sqrt{D^2 - Di^2})\pi^2}$$

Donde:

F = es la carga máxima en kgr.

D = diámetro de la esfera en (mm)

Di = diámetro de la marca en (mm)

Para el ensayo de dureza en madera, Brinell propuso 3 cargas (fuerzas) una de 100 kp para maderas extremadamente duras, 50 kp para

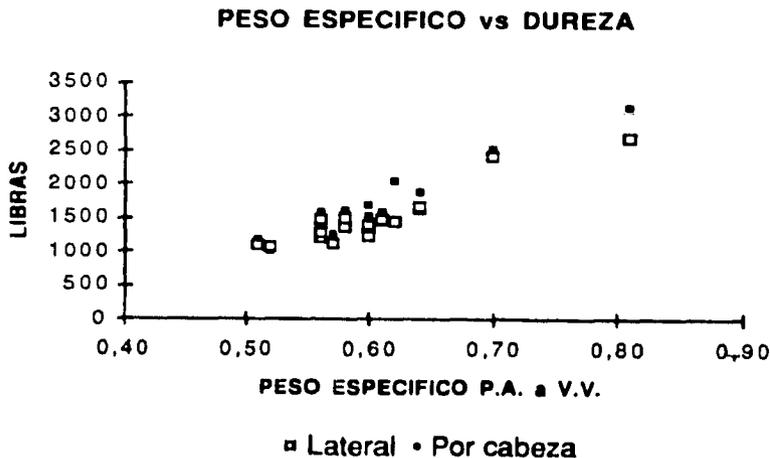
maderas blandas y 10 kp para las muy suaves. La máxima carga se aplica en 15 seg. se mantiene constante durante 30 seg. y se reduce a cero en otros 15 seg.

Janka (1906, 1908, 1915) propuso y propagó para la madera una modificación de la prueba de dureza Brinell. La dureza Janka mide la fuerza requerida para penetrar media esfera de acero de 0.444 pulgadas de diámetro, completamente en la madera, que corresponde a 1 cm² de superficie hemisférica.

En la tabla 2.4a y 2.4b se muestra el peso específico y la resistencia a la penetración en corte lateral y por cabeza de 18 especies de pinos y 20 especies de encinos que vegetan en los Estados Unidos de Norte América.

Se eligió comparar estos dos géneros (pino y encino) debido a que son los que se encuentran en abundancia en las Sierras de Durango, y porque muestran características anatómicas y morfológicas muy opuestas, siendo útil la comparación entre una madera apta para destinar su uso a la elaboración de pisos y otra que no lo es, por ser una madera blanda.

En la siguiente gráfica, se observa el comportamiento de peso específico contra dureza de los 20 encinos de la tabla 2.4b.



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Obsérvese, de la gráfica expuesta, que el peso específico es proporcional a la resistencia a la penetración y tiene una tendencia positiva; es decir, a mayor peso específico mayor resistencia al impacto. Esto sucede por lo general, para todas las propiedades físico-mecánicas.

Obsérvese también, que para un mismo peso específico que corresponde a una misma especie, en el corte por cabeza se obtiene mayor resistencia, que para un corte tangencial.

En 1906 Janka and Lorenz (1909), declararon que la dureza es aproximadamente proporcional a la densidad. Newlin y Wilson (1919), basados en numerosas pruebas, determinaron que la dureza Janka (Hj) se rige por la siguiente curva parabólica.

$$H_j = AR^{9/4} [\text{kp/cm}^2]$$

Donde:

A = es una constante en unidades métricas.

Para madera seca al aire libre.

A = 336 para corte por cabeza.

A = 260 para corte lateral (tangencial o radial)

Para madera verde

A = 260 en corte por cabeza

A = 232 para corte lateral (tangencial o radial)

R = Peso anhidro (seco) a volumen de prueba.

Del Boletín Técnico No.43 "Anatomía de la madera de cinco especies de encinos de Durango"¹⁹ se obtuvo el peso específico (peso anhidro a volumen verde) de cada una de las cinco especies estudiadas en dicho boletín.

¹⁹ Pérez Olvera Carmen de la Paz, Boletín Técnico No. 43. Op.Cit. págs. 11 a la 33.

*Tabla 2.4 a

**Dureza y propiedades relacionadas de
18 especies de pinos que vegetan en los Estados Unidos**

Nombre común (nombre botánico)	% del CH verde	PESO ESPECIFICO		lb/pie ³ al 12% CH	DUREZA EN lb al 12% CH	
		P. A. a V. V.	al 12%		CABEZA	TANGENCIAL
Pine, jack (<i>Pinus banksiana</i>)	105	0,39	0,43	30	660	580
Pine, jeffrey (<i>Pinus jeffrey</i>)	101	0,37	0,40	28	610	500
Pine, limber (<i>Pinus flexilis</i>)	68	0,37	0,40	28	510	430
Pine, Loblolly (<i>Pinus taeda</i>)	81	0,47	0,51	36	750	690
Pine, Lodgepole (<i>Pinus contorta</i>)	65	0,38	0,41	29	530	480
Pine, longleaf (<i>Pinus palustris</i>)	63	0,54	0,58	41	920	870
Pine, mountain (<i>Pinus pungens</i>)	75	0,49	0,52	36	730	660
Pine, northern white (<i>Pinus strobes</i>)	68	0,34	0,36	25	500	400
Pine, Norway (<i>Pinus resinosa</i>)	54	0,44	0,48	34	670	580
Pine, pitch (<i>Pinus rigida</i>)	79	0,45	0,49	34	700	620
Pine, pond (<i>Pinus rigida serotina</i>)	56	0,50	0,54	38	780	740
Pine, ponderosa (<i>Pinus ponderosa</i>)	91	0,38	0,40	28	550	450
Pine, sand (<i>Pinus clausa</i>)	36	0,45	0,48	34	950	730
Pine, shortleaf (<i>Pinus echinata</i>)	81	0,46	0,51	36	750	690
Pine, slash (<i>Pinus caribaea</i>)	66	0,56	0,61	43	1080	1010
Pine, sugar (<i>Pinus lambertiana</i>)	137	0,35	0,36	25	530	380
Pine, western white (<i>Pinus monticola</i>)	54	0,36	0,38	27	440	370
Pine (<i>Pinus edulis</i>)	63	0,50	0,53	37	920	860
Máximo	137	0,56	0,61	43	1080	1010
Mínimo	36,0	0,34	0,36	25	440	370
Media	63,5	0,43	0,47	33	670	518
Desviación estándar	35,9	0,07	0,08	54	180	210

Dureza Janka:

Fuerza requerida para penetrar completamente en la madera, media esfera de acero de 0.444 pulgadas de diámetro.

*Markwardt L. J. and Wilson T. R. C. "Strength and Related Properties of Woods Grown in the United States". (Technical Bulletin No. 479) United States Department of Agriculture Washington, D. C. September 1935 Tabla I.

*Tabla 2.4 b

**Dureza y propiedades relacionadas de
20 especies de encinos que vegetan en los Estados Unidos**

Nombre común (nombre botánico)	% del CH verde	PESO ESPECIFICO		lb/pie ³ al 12% CH	DUREZA EN lb al 12% CH	
		P. A. a V. V.	Al 12%		CABEZA	TANGENCIAL
Oak, black (<i>Quercus velutina</i>)	80	0,56	0,61	43	1380	1210
Oak, bur (<i>Quercus macrocarpa</i>)	70	0,58	0,64	45	1410	1370
Oak, California black (<i>Quercus kelloggii</i>)	106	0,51	0,57	40	1180	1100
Oak, canyon live (<i>Quercus chrysolepis</i>)	62	0,70	0,77	54	2530	2420
Oak, chestnut (<i>Quercus montana</i>)	72	0,57	0,66	46	1250	1130
Oak, laurel (<i>Quercus laurifolia</i>)	84	0,56	0,63	44	1230	1210
Oak, live (<i>Quercus virginiana</i>)	50	0,81	0,89	62	3150	2680
Oak, Oregon white (<i>Quercus garryana</i>)	72	0,64	0,72	50	1880	1660
Oak, pine (<i>Quercus palustris</i>)	75	0,58	0,63	44	1600	1510
Oak, post (<i>Quercus stellata</i>)	69	0,60	0,67	47	1350	1360
Oak, red (<i>Quercus borealis</i>)	80	0,56	0,63	44	1580	1290
Oak, Rocky Mountain white (<i>Quercus Utahensis</i>)	61	0,62	0,73	51	2030	1440
Oak, scarlet (<i>Quercus coccinea</i>)	65	0,60	0,67	47	1690	1400
Oak, southern red (<i>Quercus rubra</i>)	90	0,52	0,59	41	1020	1060
Oak, swamp red (<i>Quercus rubra pagodaefol</i>)	78	0,61	0,68	47	1570	1480
Oak, swamp (<i>Quercus prinus</i>)	76	0,60	0,67	47	1290	1240
Oak, swamp white (<i>Quercus bicolor</i>)	74	0,64	0,72	50	1680	1620
Oak, water (<i>Quercus nigra</i>)	81	0,56	0,63	44	1400	1190
Oak, white (<i>Quercus alba</i>)	68	0,60	0,68	48	1520	1360
Oak, willow (<i>Quercus phellos nigra</i>)	94	0,56	0,69	48	1520	1460
Máximo	106	0,81	0,61	43	3150	2680
Mínimo	50	0,51	0,36	25	1020	1060
Media	75,4	0,60	0,47	33	1608	1460
Desviación estándar	12.4	0,07	0,08	5,4	494	409

Dureza Janka:

Fuerza requerida para penetrar completamente en la madera, media esfera de acero de 0.444 pulgadas de diámetro.

*Markwardt L. J. and Wilson T. R. C. "Strength and Related Properties of Woods Grown in the United States". (Technical Bulletin No. 479) United States Department of Agriculture Washington, D. C. September 1935 Tabla I.

Tabla 2.4c

Peso anhidro a volumen verde de los encinos de Durango

SUBGENERO	ESPECIE	PESO ESPECIFICO Anhidro
Blanco	Quercus Convallata	0.71
	Quercus Potosina	0.74
	Quercus Obtusata	0.76
Rojo	Quercus Crassifolia	0.64
	Quercus Sideroxylla	0.61

Obsérvese que todos los pesos específicos y, por lo tanto, sus resistencias a la penetración de las cinco especies de encinos de Durango están por arriba de la media de los 20 encinos norteamericanos enlistados en la tabla 2.4b. Lo cual indica que los encinos nacionales son superiores a los estadounidenses en cuanto a su resistencia cuando su utilidad se destina a la producción de duelas para pisos, obteniendo de esta manera una notable ventaja competitiva.

De la ecuación (Hj) se obtuvieron las durezas para los encinos nacionales. En corte por cabeza la constante $A = 336$ en medidas métricas.

Entonces: $H_j = 336 \cdot R^{(9/4)}$ [kp/cm²]

Para: Quercus Convallata	R = 0.71	Hj = 156
Quercus Potosina	R = 0.74	Hj = 171
Quercus Obtusata	R = 0.76	Hj = 181
Quercus Crassifolia	R = 0.64	Hj = 123
Quercus Sideroxylla	R = 0.61	Hj = 110

Las unidades de Hj son kp/cm² que es la superficie hemisférica de la esfera de acero, para poder comparar estos datos con los expuestos en la tabla 2.4b se hace necesario convertir estas unidades a libras multiplicando

R por 2.21B y dividiéndolo entre 0.155 pulgadas cuadradas que son la superficie hemisférica de la pelota de acero.

Este mismo procedimiento lo seguimos para el corte tangencial o lateral, donde la constante A = 260, entonces tenemos como resultado la dureza para completar la tabla 2.4d como sigue:

Tabla 2.4d

Dureza Janka para cinco especies de encinos de Durango

SUBGENERO	ESPECIE	PESO ESPECIFICO Anhidro	DUREZA JANKA en libras	
			Cabeza	Lateral
Blanco	Quercus Convallata	0.71	2,207	1,708
	Quercus Potosina	0.74	2,422	1,874
	Quercus Obtusata	0.76	2,572	1,990
Rojo	Quercus Crassifolia	0.64	1,747	1,352
	Quercus Sideroxylla	0.61	1,568	1,214

Todas las durezas de los encinos nacionales están por arriba de la media de los estadounidenses excepto Quercus Sideroxylla.

Esta resistencia propia de los encinos nacionales aunada a su indiscutible belleza estética que imprimen sus vetas, así como la distribución de sus pigmentos (taninos) hacen que cumplan con creces los requisitos necesarios para la elaboración de duelas para pisos, que como ya vimos no se supera por los encinos importados de los Estados Unidos de Norte América.

Las características básicas que deben reunir las maderas para pisos son: Peso y dureza de moderadamente alto a alto y un buen porcentaje en fibras para que tenga alta resistencia al desgaste. Son preferibles las maderas de bajas a moderadamente bajas contracciones.

FALTA

PÁGINA

37|

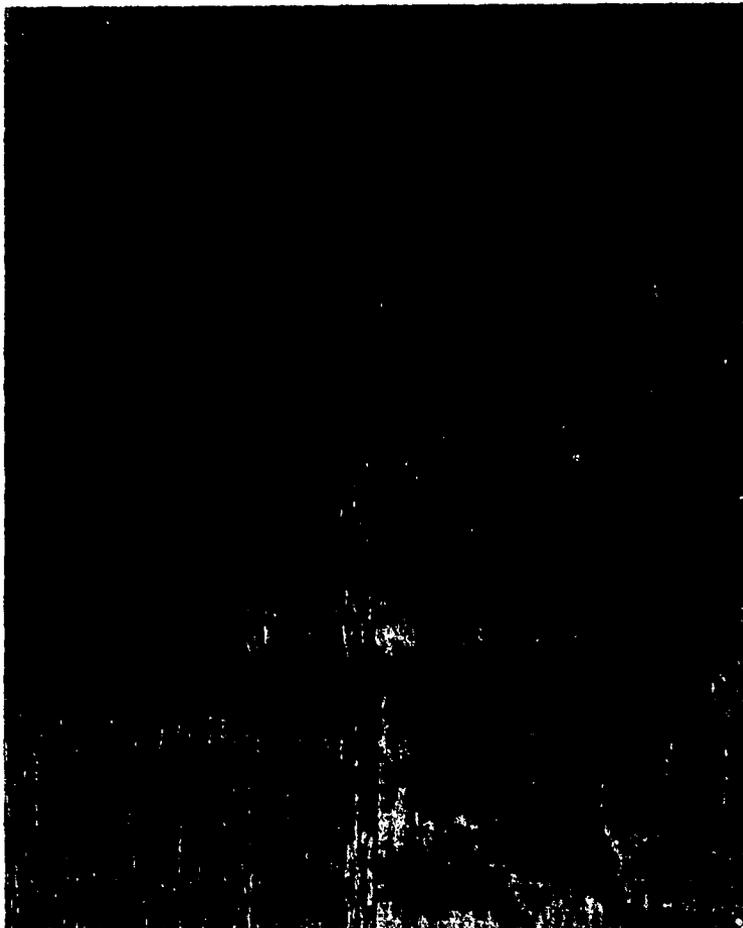


Fig.2.1 Tablillas de un encino rojo. transversal (arriba), radial (derecha), tangencial (izquierda)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

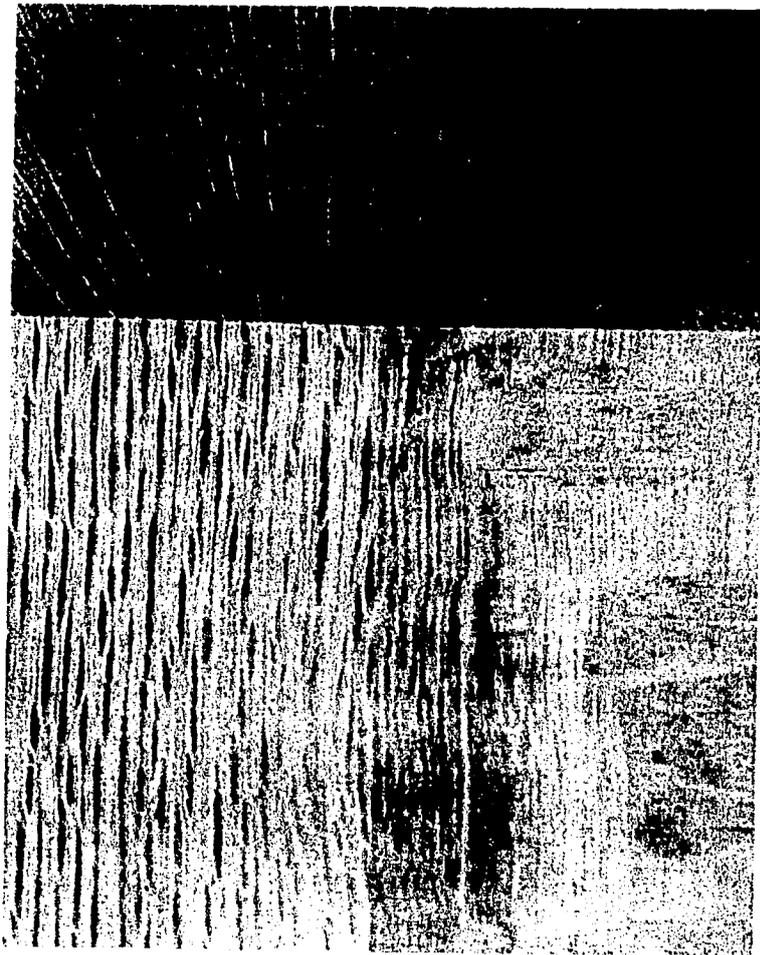


Fig.2.1 Tablillas de un encino blanco, transversal (arriba), radial (derecha), tangencial (izquierda) .

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las características estéticas de los encinos, están íntimamente ligadas a su anatomía, principalmente sus rayos poliseriados, que junto con sus elementos vasculares, fibras y parénquima leñoso, le dan un veteado pronunciado y una textura gruesa que hacen que tengan una figura llamativa de apariencia muy hermosa.

En el corte radial es precisamente la presencia de los rayos poliseriados en los encinos los que le dan una apariencia muy especial de veteado, dejándose ver el llamado "grano plateado". Este grano plateado brilla y le da una apariencia vistosa, y es comercialmente muy codiciado en el extranjero.

CAPITULO 3

PROCESO DE ASERRIO

3.1 Historia

El origen de una sierra metálica filosa, se ha perdido en la historia, pero se sabe que era usada en Inglaterra antes de la llegada de los Romanos. Al principio fue usada básicamente para cortes transversales al tronco, y para cortes a lo largo y cuadrar la troza ocupaban hacha y (azuela). Posteriormente para aserrar troncos longitudinalmente a mano, el tronco lo sostenían de tal modo que un operario se paraba en un extremo del tronco y el otro en una fosa abajo del mismo extremo del tronco. La sierra era operada manualmente tanto por el operario que se paraba en un extremo, como el que se encontraba en el hoyo, mientras uno, el de abajo jalaba para cortar y el de arriba liberaba la sierra hacia arriba, se empujaba el tronco hacia adelante, para seguir la secuencia. Este estilo de sierra "fosa", fue usada en Essex hasta los años de 1948, y se practica todavía en algunos lugares de África, Asia y México.

La sierra circular, fue patentada en 1777 por Samuel Miller, su idea fue tomada por Brunel quien en 1799 montó un aserradero de vapor en Chath Dockyards. La sierra circular se usó regularmente para cortes longitudinales hasta 1824, aunque ya se habían y se han mejorado notablemente en muchos sentidos las sierras circulares, se han sustituido y superado con creces para los cortes longitudinales, por los aserraderos de sierra banda. Aunque hoy en día la sierra circular, es la principal herramienta para cortes transversales en la madera.

El surgimiento en México de la industria forestal transformadora de la madera en rollo, tuvo lugar a principios de siglo por industrias extranjeras, que dadas las precarias condiciones socioeconómicas prevalecientes en el país, el gobierno mexicano, había brindado facilidades máximas para las

inversiones extranjeras. En ese entonces la disponibilidad de materia prima en pie era abundante, y se explotaron las zonas de relativamente fácil acceso, de tal modo que estas compañías fueron capaces de extraer la trocería a través de vías férreas, obteniendo de estas zonas sólo material en rollo de primera calidad, dejando en el monte como desperdicio grandes volúmenes de madera.

En Durango esta explotación, comenzó en 1908 y prevaleció hasta los años 50's con esta intervención extranjera nació el pueblo de El Salto, ubicado en el km. 98 de la carretera Durango-Mazatlán, donde se llevó a cabo este estudio

3.2 Cortes en un tronco

Un tronco (troza de madera en rollo) puede aserrarse de tres formas.

- Corte transversal o por cabeza
- Corte tangencial o plano
- Corte Radial o al cuarto

Corte transversal o por cabeza: Es un corte perpendicular al eje del árbol. Los extremos de una troza, o las cabezas de una tabla aserrada de cualquiera de las dos formas anteriores son cortes transversales. Un piso de madera con este corte, comercialmente se le denomina adoquín.

El corte tangencial o plano es el más comúnmente empleado en los aserraderos, por ser el más sencillo y menos costoso. Se obtiene aserrando la troza longitudinalmente y tangencial a los anillos anuales.

El corte radial o al cuarto. Teóricamente se obtiene aserrando la troza longitudinalmente en el sentido de los rayos medulares del tronco.

En la práctica ningún corte en una tabla, según las definiciones anteriores, puede ser un corte tangencial perfecto en toda su superficie, como tampoco sucede un corte radial perfecto en las dos caras de una tabla aserrada al cuarto.

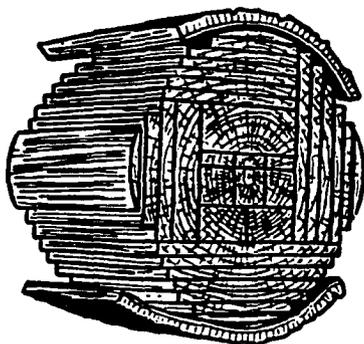


Fig. 3.1 Corte tangencial

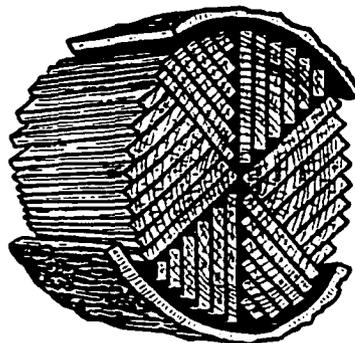


Fig. 3.2 Corte Radial

Quando el corte es intermedio entre un corte radial y un corte tangencial se le denomina corte bastardo²³.

La disposición que presentan los elementos anatómicos, anillos anuales así como los rayos medulares de la madera, en las caras, cantos y cabezas de una tabla, nos permiten distinguir entre una tabla aserrada al cuarto, o una tabla aserrada tangencialmente.

Como se observa en la fig. 3.1, en una tabla con corte tangencial o plano, los anillos anuales en la cabeza de la tabla, forman ángulos menores a los 45 grados con respecto a la cara de la tabla, a diferencia de una tabla con corte al cuarto en donde los ángulos que se forman son mayores a los 45 grados ($45 < \text{ángulo} < 90$).

En la cara de una tabla aserrada tangencialmente, los anillos forman fracciones de elipses concéntricas y los rayos se aprecian paralelos a los cantos, diferenciándose de una tabla aserrada al cuarto, donde los anillos en la cara imprimen rayas a lo largo de la tabla más o menos paralelas a

²³ Fernández Guillermo. "El Estufado de la Madera. Teoría v Práctica" Op.Cit. pág. 8.

los cantos, y los rayos se aprecian perpendiculares a los anillos más o menos paralelos a las cabezas.

Obsérvese que la figura que imprimen tanto los rayos medulares como los anillos anuales de la madera en las caras de una tabla con corte al cuarto, es la misma figura (veta) que se imprimen en los cantos de una tabla con corte plano o tangencial.

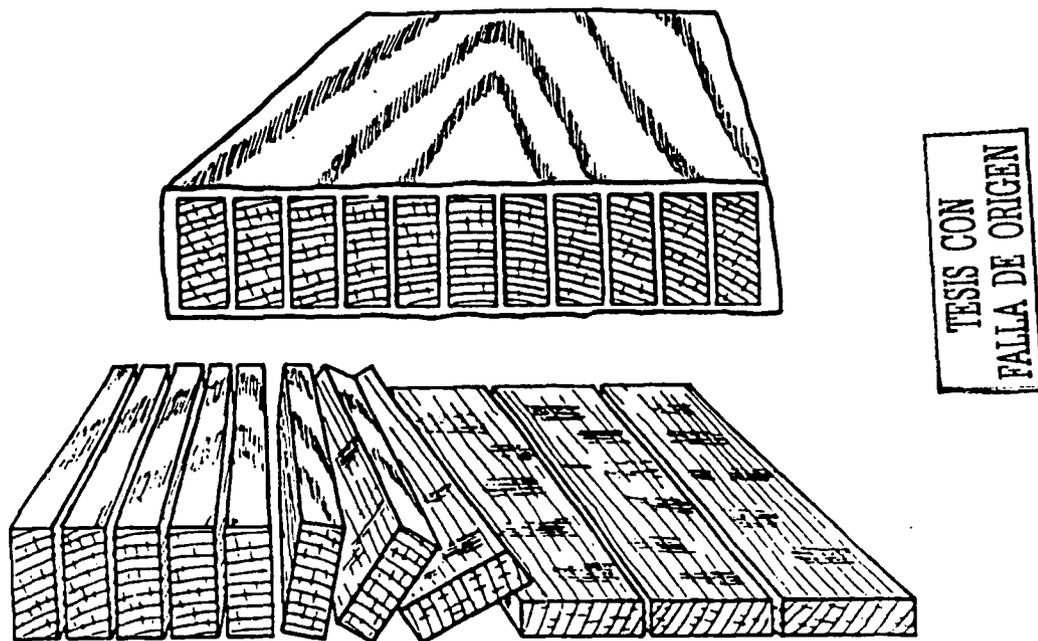


Fig.3.3 Vista de una tabla con corte tangencial (arriba) y radial (abajo).

Compare la posición de los anillos y rayos en los cantos de la tabla.

En algunas especies los rayos y los anillos no se aprecian a simple vista, y que tiene que ver con la estructura y anatomía misma de las diferentes especies así como en los climas que se desarrolle el árbol.

Para las especies de encinos aserrados en la región (*Quercus*, *Leucobalanus* y *Quercus Erythrobalanus*) los anillos anuales, aunque existentes no se aprecian con facilidad. Son sus rayos poliseriados, anchos y largos los que imprimen la veta más pronunciada y en corte radial, forman bandas, denominadas "grano plateado", que brilla e imprime a la madera una apariencia muy hermosa.

El tipo de corte influye también en la velocidad y comportamiento durante el secado de la madera, así como en la capacidad de absorción de humedad del medio ambiente, se consigue una mayor estabilidad dimensional cuando el corte es radial.

"Al disminuir los defectos y deformaciones de una tabla aserrada radialmente, se consigue un mayor aprovechamiento de la madera", (hipótesis de ésta tesis) por consiguiente un incremento en la productividad, no sólo de la fábrica y aserradero en cuestión, sino de sus distribuidores que llevan el producto al último consumidor, pudiendo garantizar una mayor estabilidad en los cambios dimensionales del producto.

A continuación se enlistan las ventajas y desventajas de un corte radial, donde se hace mención de algunos defectos en el secado que no se explican, ya que se abundará sobre ellos en el siguiente capítulo.

VENTAJAS

En el asierre: Ninguna.

Al secarse

1. No presenta el defecto de alabeo transversal (No se acuchara).
2. La dilatación y contracción a lo ancho es de menos de la mitad que en un corte tangencial.

3. Absorbe menos humedad del medio ambiente. (Mayor estabilidad dimensional).
4. En el encino, las rajaduras que se producen durante el secado debidas a sus rayos poliseriados, no se aprecian en la cara vista de la tabla.
5. Se astilla menos.
6. Se desgasta más parejo.
7. Hipótesis: Al disminuir los defectos de secado, la madera se aprovecha mejor y rinde más en la elaboración de pisos de madera.

En apariencia

1. En algunas especies como el encino, sicómoro y caoba, la veta que se imprime en la cara vista es más hermosa. En el encino la veta se debe a los rayos. "grano plateado".
2. Los nudos se aprecian como conos y no quedan sueltos o flojos, produciendo un agujero en la cara de la tabla.

DESVENTAJAS

En el asierre

1. Su proceso es más laborioso más lento, por consiguiente más caro.
2. Se aprovecha menos la madera, rinde menos.
3. Se sacrifica el ancho de las tablas.

Al secarse

1. En secarse se tarda casi el doble que en un corte tangencial o plano.
2. Se hojea la madera, y en ocasiones se aprecia en las caras como lascas.
3. Se colapsa con más facilidad. (este defecto se puede corregir).

Sería abundar sobre lo mismo si enumeráramos las ventajas y desventajas de un corte tangencial ya que resultan contrarias a las de un corte radial, con la excepción a la apariencia, que en corte tangencial, algunas especies como yellow pine (pino amarillo), cypress, pinabete douglas, fresno y olmo, imprimen una veta de apariencia más hermosa. En el caso de que una tabla tenga nudos en corte tangencial se aprecian redondos quedando lo que se conoce como nudo flojo que produce un orificio en la tabla y en corte radial son en forma de cuerno.

3.3 Tecnología de las sierras.

Hasta hace 50 años el trabajar la madera era más bien un trabajo artesanal, más que una tecnología científica establecida. Hoy en día la tecnología de la maquinaria para trabajar la madera ha avanzado notablemente y se siguen estableciendo metas, tales como, mayor exactitud en el maquinado, superficies más tersas, la reducción en la pérdida de filo en las cuchillas o sierras, incremento en la seguridad, reducción del ruido, menor consumo de energía, mayor vida útil de la hoja de la sierra, menor producción de aserrín. Para todas estas mejoras se estudia:

- Geometría de los dientes
- Paso de diente
- Garganta
- Angulo de corte

Las sierras necesitan tener libres los costados, de lo contrario el calor generado por la fricción de la hoja con la madera en proceso, afectaría la tensión de la sierra, disminuiría la dureza y resistencia de los dientes y se quemarían las paredes de la madera. Existen dos métodos para lograr esto, uno es el trabado (el doblado de la punta de los dientes) alternado el

sentido del trabado en cada diente sucesivo, (springset), y el otro método se logra tratando todos los dientes igual, las punta de un mismo diente se traba en ambas direcciones (swage-set). Con el primer método se consume 20% menos energía, aunque la hoja se calienta más. Con el swageset el ancho del filo decrece con el servicio y deja 9.5% mas aserrín que el spring-set, sin embargo es el más comúnmente empleado ya que su mantenimiento es más sencillo.

Existen dos tipos de sierras, la sierra banda lineal o sierra de sardina y la sierra banda circular. Sierras bandas de diferentes tipos y tamaños son usadas para la manufactura primaria de trocería. Sus principales ventajas son la alta velocidad de corte y poca pérdida de filo.

El calibre de la sierra depende en el diámetro de los volantes. La tabla 3.3a muestra la relación entre el diámetro del volante, calibre y ancho de la sierra, y el consumo de energía para sierras bandas utilizadas en el corte de trocería.

Las sierras cintas hoy en día alcanzan velocidades hasta de 50m/seg (10,000 fpm) esas velocidades de corte son recomendables para maderas blandas. Las maderas duras como el encino requieren velocidades inferiores, entre 40 y 46 m/seg (8,000 a 9,000 fpm). Para maderas extremadamente duras la velocidad varía entre 30 a 35 m/seg.

***Tabla 3.3a**

**Consumo de energía para sierras bandas vs
diámetro del volante, calibre y ancho de la sierra**

DIAMETRO		CALIBRE		ANCHO		POTENCIA REQUERIDA	
PULG	Mm	BWG	mm	PULG	mm	HP	KW
48	1220	18	1.22	6		60.0	44.1
60	1524	17	1.47	5 ... 9	127 ... 229	62.5	46.0
66	1676	16	1.65	7 ... 11	178 ... 279	100.0	73.5
72	1829	15	1.82	8 ... 13	203 ... 330	125.0	92.0
84	2134	14	2.10	10 ... 14	254 ... 356	150.0	110.0
96	2438	13	2.41	12 ... 16	305 ... 406	175.0	129.0
108	2743	12	2.77	14 ... 16	356 ... 406	225.0	165.0
120	3048	11	3.05	14 ... 18	256 ... 457	275.0	292.0

*BWG British Wire Gauge, British (Británico), Wire (Alambre), Gauge (Calibre, espesor, medida).

Se puede observar que el calibre apropiado (a) de una hoja se puede elegir, con el diámetro del volante D en mm $a = 0.001D$.

La influencia de la velocidad de alimentación.

Sugihara (1953) observó que la fuerza de corte, se incrementa de manera lineal con la velocidad de alimentación.

Para bajas velocidades de alimentación, la fuerza de corte es relativamente alta, esto debido a las fuerzas de fricción en el filo, con velocidades medias a la mitad de la curva son proporcionales, y para velocidades altas se vuelven más progresivas.

La alimentación por diente (f_t) se debe calcular como sigue:

$$f_t = f P/c \text{ (mm)}$$

Donde:

f = es la velocidad del carro o de alimentación (m/s).

P = paso del diente (mm).

c = velocidad lineal de la sierra banda (m/s).

La óptima alimentación por diente aparece entre los 0.2 a 0.3 mm.

La conclusión para el usuario en la práctica es que utilice la máxima alimentación por diente si lo que busca es minimizar el consumo de energía.

f_t para nuestro estudio fue de 0.5144 mm. ya que la velocidad del carro fue de 0.54 m/seg y la velocidad de la sierra de 40 m/seg y paso de diente de 38.10 mm.

Consideraciones teóricas y el resultado de muchos experimentos, llevaron a curvas hiperbólicas donde la energía disminuye asintóticamente, cuando se incrementa la velocidad por diente. Existen limitaciones en cuanto al incremento de esta velocidad, ya que la curva tiene un mínimo donde si se incrementa la velocidad del diente incrementa también el consumo de energía.

En general para ambas sierras las siguientes reglas son válidas:

1. La calidad de la superficie se mejora, incrementando la velocidad de corte.
2. Al incrementar la velocidad de alimentación, se desafilan los dientes, y por consiguiente la superficie se vuelve más áspera.
3. Entre menor sea el paso del diente, más calidad en el corte, es decir la superficie es más tersa.
4. Se incrementa la rugosidad de la madera entre más ancho sea el trabado (swage-set) de la sierra. (aunque ésta se requiere).

5. El filo de los dientes es requisito indispensable para una adecuada calidad de la superficie, ya que dientes desafilados no cortan, sino arrancan la madera.
6. La calidad de la superficie depende también de las especies que se trabajen, se vuelve más tersa entre más densa, dura, y seca esté la madera.

3.4 Proceso de Aserrio

El proceso de aserrio consiste, en cortar trozas longitudinalmente con sierra manual o mecánica obteniendo como producto, piezas de madera áspera, de sección rectangular o cuadrada, denominada madera aserrada.

La forma de aserrar una troza, como ya dijimos puede llevarse a cabo por medio de procesos manuales o mecánicos, en realidad actualmente existen en el extranjero procesos, tecnológicamente hablando, más avanzados para conseguir una tabla, como es el caso del rayo láser. Cabe hacer la observación de que el producto obtenido por dicho proceso no es una tabla aserrada, puesto que no se utiliza, para su obtención, una sierra, sino un rayo láser.

El objeto de este estudio es encontrar el corte óptimo, es decir, el corte que optimice el aprovechamiento de una troza de encino, así como los recursos utilizados para su transformación, cuando se procesa para obtener duelas para pisos. Se hace hincapié que el interés del presente estudio es encontrar el óptimo corte, sin importar con qué maquinaria o proceso se obtenga, es por ello que, a pesar de que se ha mencionado, existen muchas y muy variadas máquinas para cortar la madera, no nos detendremos en la descripción de éstas, dado que en realidad el proceso que se describe es bastante universal (estandarizado) y la esencia, en comparación con otros procesos y otras maquinarias, no cambia. Se trata

de cortar una troza de encino longitudinalmente para lograr el tableo del tronco. Posteriormente vienen procesos complementarios como son el tratamiento para combatir plagas y hongos, y el secado de dicha tabla para su mejor aprovechamiento.

A continuación se muestra la línea de flujo del proceso básico de aserrío de la fábrica, en donde se llevará a cabo el estudio de esta tesis. La línea de flujo del proceso para la obtención de tablas aserradas al cuarto es la misma que para tablas aserradas tangencialmente, con sus pequeñas diferencias, que iremos resaltando a lo largo de todo este capítulo.

LINEA DE FLUJO DEL PROCESO DE ASIERRE

1. Patio de trocería.
2. Rampa.
3. Sistema neumático de volteo.
4. Carro escuadra.
5. Sierra banda principal.
6. Sistema de rodillos.
7. Máquinas dimensionadoras.
 - Trocero de péndulo (largo).
 - Desorillador (ancho).
8. Montacargas
9. Tina de tratamiento.
10. Montacargas
11. Patio de presecado.

1. Patio de trocería: Es éste el lugar físico donde se recibe y se almacena las tozas o madera en rollo.

Al recibir la madera, ésta se cúbica conforme a la "Regla Doyle" que es la regla destinada o utilizada en Durango.

El cubicar una troza, quiere decir, obtener por medio de una fórmula (regla) el volumen estimado de pies tabla aserrados que se obtendrán de dicho tronco.

La unidad obtenida al cubicar una troza son pies-tabla, y un pie-tabla es el volumen de una pieza de 1 pie X 1 pie por una pulgada de espesor. Para efectos prácticos y evitar confusiones al cubicar una troza (madera en rollo) a las unidades obtenidas (pies-tabla) se les denomina "pies-rollo", que en realidad resulta ser los pies-tabla estimados.

Existen varias reglas para calcular la cantidad estimada de pies-tabla que se van a obtener de una troza, aunque todas ellas basadas en el diámetro de la troza, consideran diferentes factores donde se involucran, calibre de la sierra, espesor del producto final, largo y diámetro de la trocería a cubicar.

En el caso específico de esta región, como ya dijimos se utiliza la "Regla Doyle" que calcula los volúmenes en pies-tabla, en base a la siguiente fórmula:

$$V_{DOYLE} = \frac{(D-4)(D-4) \cdot L}{16}$$

Donde:

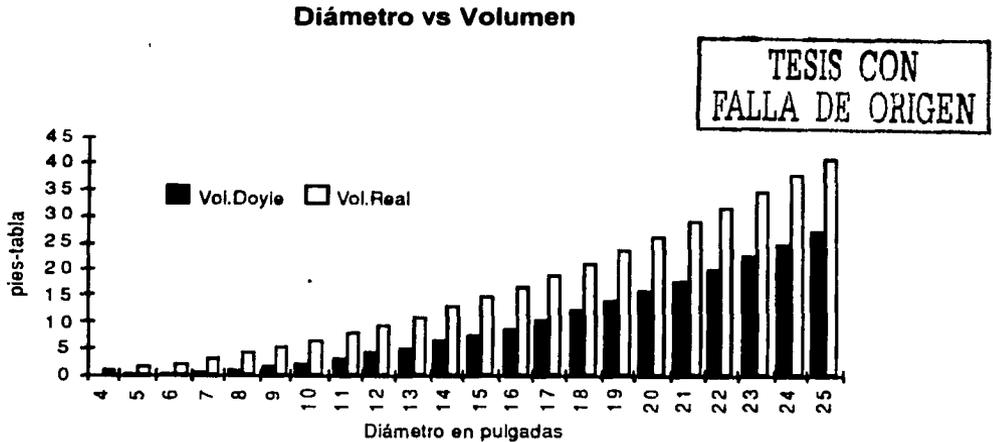
D = es el diámetro menor en pulgadas, para $D > 15$ pulgadas

L = es la longitud o altura del tronco en pies.

Esta regla fue diseñada para trocerías de 15 ó más pulgadas de diámetro ya que de lo contrario subestima el volumen de pies tabla, como se puede observar en la siguiente gráfica de diámetro contra volumen

Doyle y volumen real. Esta regla considera que el producto final serán tablas aserradas de una pulgada de espesor, de largos y anchos diversos.

Gráfica 3.1



2. Rampa: La rampa es un elevador mecánico de trocería, de 6 metros de largo, 1.82 metros de altura, con una pendiente de 12 grados, con dos cadenas para el abastecimiento de trozas con eslabones de 5/8" de grueso y arreadores a cada metro de distancia, este sistema de rampa es movido por un motoreductor de 3 C.V. a 1,680 rpm con sprocket de 15 dientes para cadena de paso 80. El sistema tiene una capacidad para mil pies rollo.

El fin de esta rampa es dar continuidad en el abastecimiento de trozas al carro.

3. Sistema Neumático de Volteo: Consta de dos mariposas (palometas), dos arrimadores de troncos al carro, y un volteador. Este sistema suaviza la caída del tronco al carro, y permite el manejo práctico y automatizado de las trozas.

4. Carro Escuadra: El carro es el que translada al tronco a la sierra banda o principal. Dicho carro, corre sobre un par de rieles, consta de tres escuadras, con tres sistemas eléctricos de garras (uno en cada escuadra) para sujetar al tronco, manejados desde una consola de manera individual.

Es en el carro donde se acomoda la troza, de acuerdo, al tipo de corte deseado (radial o tangencial) y en donde con la ayuda de una regla situada en la consola de quien maneja el carro (aserrador) se da el espesor de la tabla.

Al decidir el espesor de la madera se consideran las dimensiones finales (reales) a las que se desea llegar, que dependerán, de la contracción por secado y de la modalidad con la que se requiera la pieza (cepillada, machihembrada o simplemente aserrada).

La contracción por el secado, así como los fenómenos que ocurren en la madera al secarse, son factores importantes a considerar cuando se va a trabajar la madera, por lo que se profundizará un poco más este tema en el siguiente capítulo.

El carro escuadra del aserradero en cuestión, tiene 3 metros (9.84 pies) de largo, tres escuadras sobre el mismo con una separación de 1.5 metros entre escuadras, lo que permite aserrar trocería hasta de 4.88 metros (16 pies) de largo, esto quiere decir que el tronco sobresale de las escuadras laterales un metro de cada lado, no deben sobresalir más, ya que de lo contrario el tronco en los extremos tiene movimiento y se producen defectos en el asierre, variando el espesor de la tabla en los extremos. Además de ser peligroso, porque, esta fluctuación golpea a la sierra banda o principal que puede llegar a romperse (Velocidad lineal de la sierra 39.72 m/seg).

El carro, corre sobre un par de rieles, de 24 pies de largo, dispuestos a 47 pulgadas de separación, las escuadras son movidas por un motor de

3 H.P., 1,760 rpm con polea de 3" de diámetro con dos bandas, conectada a otra polea de 12" de diámetro lo que produce que se disminuyan las revoluciones por minuto a 437.5 rpm. Las garras de las escuadras se mueven de manera individual con un motor de 1 H.P. cada una.

Sistema motriz del carro escuadra: Es un sistema motoreductor, con una entrada de corriente alterna a 220 volts a un motor de 1.5HP a 1,750 rpm con una polea de la flecha 2B, 4" diametro, conectado por dos bandas en "V" a un motor de 3HP a 1,750 rpm con polea 2B, 4" diámetro, el cual transmite la corriente alterna a otro motor que la transforma a corriente directa, la salida de este motor de 1.5HP de 1,750 rpm., polea 2B, 6" de diámetro, está conectada a un motoreductor de 3HP de 1,500 rpm, con polea 2B, 4" de diámetro, con cadena de paso 50 y 19 dientes, el cual finalmente transmite la fuerza motriz al carro escuadra en los sentidos delante-atrás a una velocidad promedio de 0.54 m/seg (1.94 km/hr).

La función básica de este sistema es proporcionar movimiento al carro escuadra, en forma tal que la alimentación de la trocería a la torre principal rápida y uniforme.

5. Sierra Banda Principal: Es la torre de aserrió donde se lleva a cabo el corte de las trozas, dimensionando el grueso de la tabla, alimentadas por el carro escuadra. La sierra que se utiliza en la torre de aserrió es de: 9.35 mts. de largo, 6 pulgadas de ancho, calibre 18, paso de diente 1 ½" , garganta de ¾" y corre a una velocidad lineal de corte de 144 km/hr (40 m/seg). Esta sierra cinta está montada en un juego de volantes de 48" de diámetro, 5" de ancho, la separación entre volantes es de aproximadamente 2.76 mts. de centro a centro, dejando un claro de 1.54 mts. (60 5/8" pulgadas). Este sistema cuenta con un microswitch automático para el control de la altura de la guía. Los volantes son accionados por un motor de 60HP a 1,500 rpm. con una polea de

10" de diámetro, que transmite el movimiento por medio de 6 bandas tipo C a el volante inferior que tiene una polea de 24" de diámetro transmitiendo una velocidad de 625 rpm. El volante superior es más liviano para reducir la inercia del sistema, en cambio el inferior es pesado actuando como polea de arrastre.

6. La sierra banda o principal está provista de un sistema de enfriamiento y limpieza a base de agua que cae de arriba a abajo, constantemente sobre la sierra, para evitar con esto que se atasque la sierra de aserrín y resinas así como también evita un sobrecalentamiento de la sierra.

Sistema de Rodillos: Es un banco de aproximadamente 22 pies de largo, equipado con una serie de rodillos de juego libre, sobre los que la madera que sale de la sierra banda principal, desliza para llegar a una parte del banco que tiene señalados los largos comerciales, a los que conviene cortar transversalmente la madera, según las dimensiones que da la pieza, aprovechando el mejor largo y eliminando las partes astilladas, e irregulares de las puntas.

7. Máquinas Dimensionadoras: Los cortes a los que se alude en el punto anterior y que marcan los largos comerciales de la madera, se realizan con un trocero de péndulo, que se encuentra localizado en la parte media del banco, pendiente de una estructura de solera. Este trocero consta de una sierra circular de 26" de diámetro, con 112 dientes de carburo de tungsteno y un motor de 7.5HP a 1,745 rpm.

Una vez dimensionado el largo, la madera se dimensiona a lo ancho, con una desorilladora, que consta de: dos sierras circulares de 10" de diámetro, con diente de carburo de tungsteno, movidas, por un motor de 3HP a 1,670 rpm con una polea de paso variable de 4" a 7" de diámetro conectado a un motoreductor de 2 C.V. a 1,500 rpm con polea de

paso variable de 4" a 8" de diámetro, y dos pares de rodillos alimentadores de 24" de largo y 8" de diámetro, movido por un motor de 15 C.V. a 1,800 rpm, por donde se hace pasar la madera aserrada, con el fin de obtener los anchos comerciales y quitar las imperfecciones de los cantos, dejando un corte en las aristas laterales a 90 grados.

8. Montacargas: Es un equipo auxiliar del aserradero, y en este punto, transporta la madera aserrada y dimensionada, a una tina de tratamiento, donde sumerge la madera por unos segundos y la saca. El aserradero donde se llevo a cabo este estudio cuenta con dos montacargas Modelo V80E. marca Caterpillar, con capacidad de carga de 8,000 lbs.

9. Tina de tratamiento: Es una tina de concreto de 1.30 mts. de alto, 1.80 m. de ancho X 9 mts. de largo, con capacidad de 20,000 lts. donde se sumerge la madera en agua tratada con insecticidas, en el caso específico del aserradero donde se llevo a cabo nuestro estudio, se utiliza: Tentavor (pentaclorofenato de sodio), 3 cuñetes de 20 kgr. cada uno y malatión 6 lts. (órgano fosforado), un insecticida de amplio espectro, que actúa por contacto. Esto se hace con el fin de proteger la madera contra el ataque de hongos, insectos (carcomas, barrenillos, etc.). Es importante tratar la madera dentro de las primeras 24 hrs. que siguen a su asierre, ya que como la madera tierna (verde) se encuentra expuesta, es más susceptible al ataque de insectos y hongos que al producir una infección producen la putrefacción de la madera.

10. Montacargas: En este punto, una vez tratada la madera aserrada, se transporta al patio de presecado.

11. Patio de Presecado: Se lleva acabo un secado al aire libre como preliminar al secado en estufa.

Es en este momento donde se empieza el proceso de secado de la madera, y es al secarse, que se producen deformaciones en una tabla por las diferencias de humedad, que ocasionan tensiones que la deforman, a estas deformaciones se les conoce también como defectos del secado. Es por esta razón que el proceso de secado tiene especial importancia en el aprovechamiento de la madera.

· El patio de secado debe encontrarse en un terreno más o menos plano, bien drenado y de preferencia con alguna pendiente, con la finalidad de que en la temporada de lluvias el agua se desaloje con facilidad y no queden charcos que humedezcan el aire circulante, reduciendo sus propiedades absorbentes. Es necesario conservar el patio limpio de hierbas, pequeños arbustos, que impiden una buena circulación del aire, retardan el proceso de secado y crean condiciones favorables a la propagación de hongos.

El montacarguista, con la ayuda de algunos operarios, amplía la madera en el patio de presecado, en donde:

Se clasifica la madera. En el caso del pino por clase, espesor, anchos y largos. En el caso del encino sólo por sus dimensiones (espesor, ancho y largo).

Se apilan por clase y tamaño (espesor, ancho y largo).

Se anota la semana del año en cada pila, para llevar un control del tiempo requerido para alcanzar el grado de humedad deseado y continuar con el proceso de secado en estufa, con una secuencia de primeras entradas, primeras salidas.

Días o semanas después, (tiempo de espera que depende, de la estación del año y de la humedad del aire) se impermeabilizan las puntas (cabezas) de las tablas que ya hayan alcanzado del 25 al 30 % de humedad.

A manera de resumen se marcan en una tabla las operaciones que se llevan a cabo en cada inciso de la línea de flujo del proceso de asierre.

Línea de flujo en el proceso de asierre	Operaciones realizadas
1. Patio de trocería	Se cubica la troza (Regla Doyle). Se impermeabilizan las cabezas. Corte longitudinal por mitades (corte al cuarto).
2. Rampa	Elevador mecánico de la trocería
3. Sistema Neumático de Volteo	Suaviza la caída del tronco. Acomoda la troza en el carro, escuadra de acuerdo al tipo de corte.
4. Carro Escuadra	Sujeta la troza. Marca el espesor de la tabla. Alimenta la sierra banda principal.
5. Sierra Banda Principal	Efectúa el corte, dimensionando el grueso de la tabla
6. Sistema de Rodillos	Transporta madera aserrada
7. Máquinas Dimensionadoras Trocer de Péndulo Desorillador	Se dimensionan: - El largo. - El ancho.
8. Montacargas	Transporta la madera a la tina. Mete y saca la madera de la tina.
9. Tina de Tratamiento	Con insecticidas
10. Montacargas	Auxiliar en el apilado de madera en el patio de presecado
11. Patio de Presecado	Se clasifica, se apila (en tongas), se almacena hasta que alcanzan un 30% de humedad, se impermeabilizan las cabezas

CAPITULO 4

PROCESO DE SECADO

4.1 Generalidades

Como ya vimos en el capítulo 2 la madera es un material de naturaleza coloidal, es decir tiene cierta afinidad con la humedad del medio ambiente, el contenido de humedad en una pieza de madera varía con la humedad relativa del medio ambiente que la rodea, absorbe humedad cuando ésta se encuentra más seca que el medio que la rodea, así como se seca o desprende humedad cuando se encuentra más humedad que el medio que la rodea, cuando la madera iguala su contenido de humedad con la humedad relativa del medio se dice que se encuentra en un equilibrio del contenido de humedad (ECH).

La humedad que se encuentra en la madera verde varía de 30% hasta 200% o más, aun en las mismas especies o un mismo árbol. El porcentaje de humedad por remover depende tanto de la cantidad de agua que tenga en un principio, así como del uso a que se destine. Es raro y casi nunca necesario quitarle toda la humedad a la madera, excepto en piezas de muestreo.

El agua en la madera se encuentra de dos formas, una es el agua que se localiza en las cavidades tubulares de la célula y se le denomina agua libre, y la otra es el agua que contienen las paredes celulares que se conoce como agua higroscópica, de impregnación, absorbida o embebida, y ésta última tiene gran afinidad y fuerza de atracción a la madera. El contenido de humedad que se encuentra en las paredes celulares varía entre el 27% y 32%. Al secarse la madera primero pierde el agua libre, al momento de que las cavidades celulares han perdido toda la humedad y antes de que empiecen a perder humedad las paredes de las células, se le

denomina punto de saturación de la fibra, y es este el momento crítico del proceso de secado ya que es el momento en que empieza la contracción y se requiere mayor temperatura para hacer salir el agua.

4.1.1 Contenido de humedad definición y estimación.

El contenido de humedad en una pieza de madera, es la relación entre el peso del agua que contiene y su peso seco, expresada en porciento. Se calcula sacando la diferencia entre el peso original de la pieza (P_o) y el peso de la pieza seca entre el peso seco al horno (P_s).

$$\%CH = \frac{P_o - P_s}{P_s} \times 100$$

El contenido de humedad en una pieza se puede medir también con aparatos eléctricos sin destruir, cortar o secar la pieza, con un higrómetro. El medidor es un ohmómetro especializado, que mide la resistencia eléctrica, de la pieza de madera insertando dos electrodos, ésta despliega el resultado en porcentaje de contenido de humedad en vez de ohms de resistencia. La corriente producida generalmente con una pila corre de un electrodo al otro pasando por la madera y de ahí al ohmómetro que convierte los ohms de resistencia a porcentaje de contenido de humedad.

En la practica al hablar del porcentaje de contenido de humedad en una pieza de madera, vulgarmente se habla de grados de humedad y no de porcentaje.

4.1.2 Humedad relativa definición y estimación.

El aire atmosférico siempre contiene humedad en mayor o menor cantidad en forma de vapor. Cuando la cantidad de vapor llega a la máxima cantidad que un espacio dado de aire puede contener, se dice que esta saturado. El punto de saturación se da en el momento en el que en vez de

vapor de agua, con una molécula más ésta se condensa y se convierte en agua líquida.

La relación entre la cantidad de vapor de agua presente en el aire, y la que tendría a la misma temperatura si estuviera saturado, se llama grado de humedad relativa o estado higrométrico del aire y se expresa en por ciento.

La capacidad del aire para contener vapor de agua es proporcional a la temperatura, a mayor temperatura es mayor la cantidad de vapor de agua que puede contener antes de llegar al punto de saturación. Un aire caliente puede estar relativamente muy seco con mucho vapor de agua y por el contrario muy húmedo con poco vapor, si está frío. Es decir, el grado de humedad relativa, no depende de la cantidad absoluta de agua.

El aparato mas usado para medir la humedad relativa es el psicrómetro o higrómetro, que consta de dos termómetros colocados uno junto al otro, uno de los termómetros tiene un saco de tela de algodón que se mantiene húmedo por medio de un recipiente que contiene agua destilada, el saco, rodea al bulbo del termómetro y éste por consiguiente marca una temperatura menor que el otro, debido al frío producido por la evaporación. A la temperatura marcada en éste termómetro se le llama temperatura de bulbo húmedo y a la temperatura del segundo termómetro se le denomina temperatura de bulbo seco. A la diferencia entre las dos temperaturas, se le llama depresión psicrométrica. Con estos valores se consultan tablas para encontrar la humedad relativa del aire.

4.2 Como se seca la madera.

El secar la madera quiere decir remover el agua libre y parte del agua higroscópica hasta el punto de equilibrio de contenido de humedad, según las condiciones atmosféricas a las que se destine el producto.

El agua escapa de la madera por dos fenómenos, uno es la acción capilar que actúa a través de las cavidades celulares y pequeñas aberturas de las paredes, que permiten la salida del agua libre. El segundo es debido a la diferencia de humedad relativa, que por difusión fuerzan al agua higroscópica a través de las paredes celulares y la velocidad con la que se seca depende de la permeabilidad de las paredes celulares, del grueso de éstas, y del gradiente de humedad.

Esta humedad se remueve solamente de áreas de mayor contenido de humedad a áreas de menor contenido de humedad, así que se debe de establecer un gradiente de humedad. Si este gradiente no es suficiente, la humedad difícilmente se moverá. Pero como las variaciones en el secado causan deformaciones y esfuerzos, para prevenir que éstos sean severos, el gradiente de humedad debe de ser moderado y la humedad se moverá muy lentamente. Así es que se deberá establecer una secuela de secado donde se encuentre el óptimo entre la velocidad de secado y los defectos que éste provoca en la madera.

La difusión a lo largo de la madera, es de diez a quince veces más rápida que la lateral.

4.3 Enjutamiento de la madera durante el secado.

El enjutamiento de la madera al secarse, comienza cuando se ha llegado al punto de saturación de la fibra, entre 27% y 32% de contenido de humedad. Por abajo de este punto, las contracciones al secarse la madera son desiguales debido a la diferencia anatómica en los tres sentidos largo, ancho y grueso (sección: radial, tangencial y longitudinal) y por el gradiente (diferencia de humedad) entre las capas superficiales y las interiores, debido a estos dos fenómenos se producen esfuerzos mecánicos que la deforman.

La madera empieza a secarse de afuera hacia adentro, es decir, son las capas superficiales las que se encuentran en contacto directo con el medio desigual y se secan antes que las capas interiores, una vez que las capas de afuera se han empezado a secar, empiezan a contraerse aunque no lo pueden hacer libremente por impedírselo las capas contiguas interiores con las que están orgánicamente entrelazadas, y las cuales todavía no empiezan a contraerse por encontrarse todavía en el punto de saturación de la fibra.

Este fenómeno produce un estado de tensión en las fibras de las capas superficiales, en dirección perpendicular al hilo de la madera. Cuando esta tensión llega al límite proporcional de elasticidad o punto de fluencia, o bien, no sobrepasa este punto pero su acción es prolongada (fatiga), dichas fibras quedan alargadas en forma permanente, y no recobran ya su dimensión original aunque cese el esfuerzo, se dice que han sufrido una deformación plástica por tensión. Si el esfuerzo aumenta por arriba del punto de fluencia se llega al punto de ruptura, que en la madera se manifiesta por rajaduras.

Por reacción, las capas interiores entran en compresión, y si se rebasa el punto de fluencia, las fibras interiores sufren una deformación plástica por compresión.

En la segunda etapa del secado una vez que las capas interiores están por abajo del punto de saturación de la fibra, empiezan a enjutarse, y los tipos de esfuerzos se invierten, ahora las capas exteriores sufren un esfuerzo de compresión y las interiores de tensión. Sin embargo ahora no se alcanza el punto de fluencia en las capas exteriores ya que al encontrarse mas seca su resistencia aumenta.

En las capas interiores el proceso de secado es mas lento por no encontrarse en contacto directo con el medio ambiente y estar más lejos de

la superficie, esto ocasiona que el esfuerzo de tensión sea paulatino y menos intenso ya que las capas exteriores ya se han enjutado.

Al término del secado prevalece en las capas interiores la deformación permanente por compresión, en mayor o menor grado en toda la zona central. Así como de tensión en las capas superficiales, este estado de forzamiento es posible corregirlo en el proceso de secado en estufa.

La elasticidad es la propiedad de un cuerpo a recobrar su forma y dimensiones originales al cesar la causa deformante. Cuando el cuerpo que sufre una deformación, al cesar el esfuerzo vuelve a su estado inicial o esta en potencia de, se dice que ha sufrido una deformación elástica, cuando la deformación perdura aun cuando cese el esfuerzo y vuelva a su condición inicial se dice que ha sufrido una deformación plástica.

4.4 Deformaciones y defectos de la madera al secarse.

Rajaduras o grietas. Los esfuerzos de tensión al ser intensos al inicio del secado ocasionan el desgarramiento de las fibras superficiales. Por lo general éstas no son profundas a menos que los gradientes de humedad al secar la madera hubiesen sido muy grandes y prolongados ocasionando esfuerzos repentinos y excesivos. En la segunda etapa del secado al entrar las capas superficiales en compresión algunas grietas de la superficie se pierden de vista, aunque la ruptura y debilitamiento perdura reduciendo la resistencia de la madera. Al cerrarse la rajadura superficial y quedando abierto en la parte interior se producen rajaduras biconvexas conocidas como cuellos de botella.

Las rajaduras o grietas siempre ocurren en la dirección de los rayos por ofrecer éstos la línea de menor resistencia. En el corte convencional o tangencial se aprecian en la cara de las tablas, pudiéndose rajar con

facilidad y en el corte radial se aprecia en los cantos o en la cara vista como lascas.

Rajaduras y aberturas en las extremidades. Las cabezas de las trozas y las de la madera aserrada, son susceptibles a las rajaduras y hasta aberturas profundas ya que se secan con mayor rapidez por encontrarse mayor superficie expuesta al aire y que la mayoría de las fibras y vasos que conducen el agua siguen la dirección del eje del árbol.

Este defecto se previene impermeabilizando las cabezas de las tablas y trozas en estado verde.

Apanalamiento. Se da este nombre a las rajaduras o grietas en forma biconvexa que aparecen en el interior de la madera. Se producen cuando los esfuerzos de tensión en las capas interiores en la segunda etapa del secado, exceden el punto de fluencia o resistencia máxima de las fibras, por lo general no alcanzan la superficie.

Colapso. Este defecto ocurre por dos causas distintas. Una se produce por arriba del punto de saturación de la fibra, cuando al salir el agua libre de las cavidades celulares y no ser prontamente reemplazadas por aire o vapor de agua, a causa de las dificultades para atravesar las paredes celulares que están saturadas, se produce una atracción en las mismas capaz de juntarlas.

La segunda causa se produce cuando las fibras interiores están por arriba del punto de saturación de la fibra y las de afuera por abajo. Si el esfuerzo de compresión que sufren las capas interiores sobrepasa el punto de fluencia o de resistencia de dichas fibras, las paredes celulares se juntan o aplastan, bloqueando la salida del agua libre que al continuar el secado y verse obligada a salir por evaporación revienta la madera, observándose agrietamientos interiores y hundimientos en las caras.

En ambos casos la temperatura tiene gran influencia en el colapso, por lo que es importante mantener temperaturas bajas durante la primera etapa del secado en estufa. La madera en estado verde es mas susceptible al colapso ya que su resistencia es menor.

Forzamiento. Se dice que una madera esta forzada cuando a un contenido de humedad bajo y uniforme (entre los 8 a 12° de CH), las capas exteriores se encuentran en compresión y las interiores en tensión. Este fenómeno ocurre en la última etapa del secado, y no se aprecia a simple vista, sino que se hace una prueba que consiste en cortar la tabla en secciones transversales a manera de trinche, conocidas como secciones de esfuerzos. En estas secciones cuando la madera se encuentra forzada se aprecia un acanalamiento, es decir la madera se curva en el sentido de la hendidura o corte y presiona la sierra al llevar a cabo el corte. Una madera forzada al cepillarla o moldurarla se curva o acuchara de la cara de donde se cepilló más o primero.

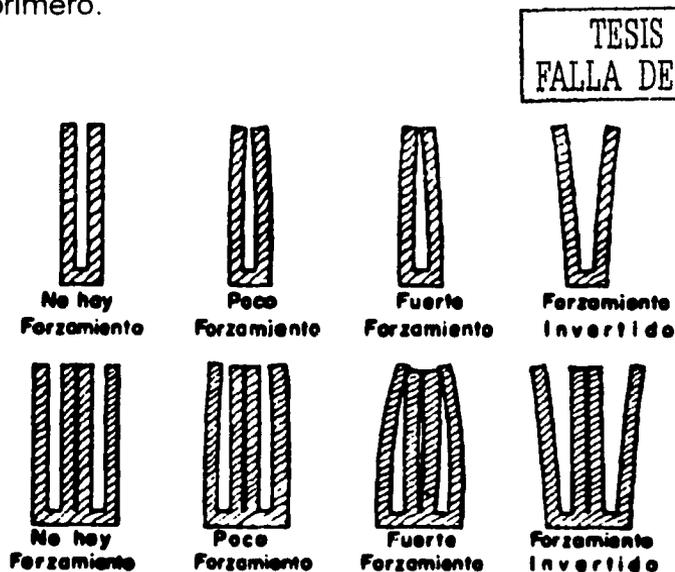


Fig.4.1 Secciones de esfuerzo

Este estado de forzamiento puede eliminarse en la estufa al final de secado, pero debe tenerse cuidado de no incurrir en el caso contrario de forzamiento invertido, es decir el llevar las capas superficiales en tensión, ya que no existen medios prácticos para su corrección.

Alabeo. Es el término general para designar las deformaciones permanentes causadas por el enjutamiento desigual durante el secado, en los tres sentidos de la madera longitudinal, radial y tangencial (largo, ancho y espesor). Se define como cualquier desviación de la superficie de una tabla que deja de ser plana y recta.

Existen cinco tipos de alabeo.

1. Alabeo transversal o acanalamiento. Es la curvatura en forma de canal en una de las caras de una tabla, quedando los cantos paralelos y las cabezas curvas, vulgarmente se dice que esta acucharada en inglés "cup".

Ocurre por dos razones, una puede ser por la diferencia de contenidos de humedad entre una cara y la otra, que produce enjutamiento en la cara donde se forma el canal e hinchamiento en la cara más húmeda, ésta condición desaparece cuando se igualan las humedades, siempre y cuando la deformación sea por el punto de fluencia.

También se produce esta deformación por diferencia de enjutamiento entre las dos caras aunque tengan el mismo contenido de humedad. Esto ocurre en la madera cortada tangencialmente, debido a que la cara más cercana a la médula del árbol tiende al corte radial entre más cerca esté del eje del árbol, y siendo el enjutamiento tangencial el doble del radial, la pieza se curva hacia el lado de la corteza, en sentido contrario a

la curvatura de los anillos. En una pila el propio peso de la madera aminora el alabeo transversal.

Por forzamiento también se produce un alabeo transversal en el momento de cepillar o moldurar la tabla.

2. Alabeo longitudinal. Es la desviación de la cara a lo largo de una tabla.
3. Alabeo lateral. Es la desviación del canto a lo largo de la tabla.
4. Alabeo espiral. Es la desviación del plano horizontal de la cara de la tabla.
5. Adiamantado. Cuando el hilo de la madera no es recto, es decir, las fibras se encuentran cruzadas, torcidas en espiral ó desviadas con respecto al eje del árbol, los vicios por alabeo descritos en los puntos 2, 3 y 4, son inevitables a causa del excesivo enjutamiento longitudinal de la tabla.

Defectos naturales "madera de reacción". Estos defectos ocurren por causas atribuibles al árbol mismo, y durante el secado se desarrollan como todos los anteriores. La madera de reacción se forma en ramas y troncos de los árboles que tienden a crecer curvados por la acción de los vientos dominantes u otras causas, al ocurrir esto soportan por razones de equilibrio un esfuerzo de compresión en un lado y de tensión en el otro. Estos esfuerzos originan una madera de estructura anormal a lo largo de las zonas afectadas, que tiene como función oponerse, o reaccionar a la curvatura como una defensa a la causa que tiende a curvarlos.

En las coníferas el esfuerzo resultante es de compresión y en las hojosas es de tensión, de ahí que las maderas blandas que sufren este fenómeno se les denomina "madera de compresión" y a las maderas duras, "madera de tensión."

La madera de reacción tiene un enjutamamiento longitudinal excesivo que ocasionan alabeo longitudinal y lateral.

En resumen; Todas las maderas se enjutan al secarse, y como el enjutamamiento no es proporcional en sus tres direcciones, sobrevienen esfuerzos mecánicos que cuando rebasan el limite proporcional de las fibras, ocasionan deformaciones, que son la causa de los defectos atribuibles al secado.

4.5. Proceso de secado al aire libre, como preliminar al secado en estufa.

Es práctica general primero secar parcialmente la madera a la intemperie para reducir el contenido de humedad hasta el punto de saturación de la fibra, para que el rendimiento de la estufa sea mayor.

Para prevenir el hongo azul que ataca a la madera cuando su contenido de humedad esta por arriba de los 20° de humedad, es recomendable darles un baño de sales de pentaclorofenato de sodio, como el "permatox 10-S" tan pronto salgan del aserradero, procurando sea antes de 24 hrs.

El patio de secado debe de localizarse en un terreno plano y bien drenado o tener una ligera pendiente si así lo requiere el terreno, a fin de que en temporada de lluvias el agua se desaloje con facilidad y no queden charcos que saturen el aire circulante y reduzcan sus propiedades absorbentes. El piso debe de estar cubierto con grava o piedra apisonada, arenas gruesas o cenizas cuando la calidad del suelo así lo requiera. No debe de localizarse cerca de un deposito grande de agua o un área donde el aire esté normalmente estancado y húmedo. Es necesario conservar el patio limpio de hierbas, pequeños arbustos, y desperdicios de madera, que

impidan la buena circulación del aire, retardar el proceso de secado y propicien condiciones favorables a la propagación de hongos.

Distribución de las pilas. Las pilas se separan por los callejones principales que corren de norte a sur es decir en el sentido de los vientos dominantes. Para determinar el ancho de los callejones se considera el mínimo para obtener una buena circulación del aire y se restringe por el tamaño del patio y cantidad de madera a presecar, el máximo ancho de los callejones se da por la unidad de transporte que se vaya a utilizar para la carga y descarga de la madera.

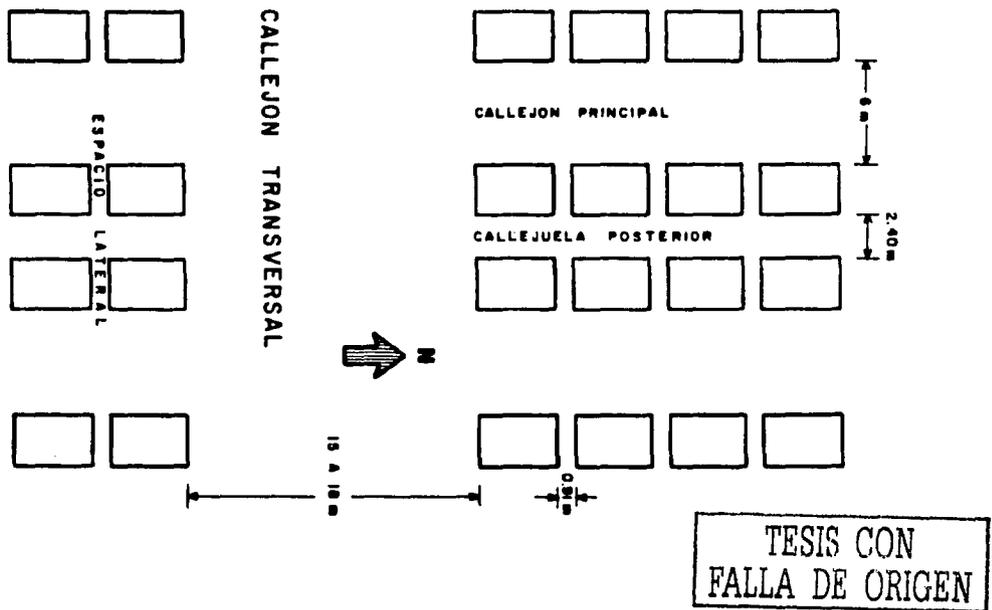


Fig.4.2 Distribución de las pilas y trazo de callejones en el patio de secado.

Bases o cimientos de las pilas. La madera jamás debe de quedar en contacto directo con el suelo. Para ello se construyen las bases de madera o de concreto que soportarán las pilas. Estas bases deben de ser rígidas,

durables, y lo suficientemente altas para permitir la circulación del aire. Las más comúnmente empleadas son las de madera, por su costo. La madera que se encuentre en contacto directo con el suelo debe de ser madera seca y tratada con creosota, o en su defecto con pentaclorofenol o algún otro preservativo. Deben de tener una pendiente de 1/12, esto es de una pulgada por pie (4.78°) para facilitar el escurrimiento del agua libre. Debe de procurarse que la altura mínima entre el suelo y el primer travesaño sea de 18" (45.72 cm.). Las viguetas no deben de clavarse para poder moverlas según sea la separación que se les de a las fajillas en el apilado.

Ancho y alto de las pilas. El ancho recomendable de las pilas es de 4 a 6 pies, ya que las demasiado anchas disminuyen la circulación del aire en la pila, propiciando un ambiente húmedo apto para el desarrollo de hongos, que en el pino producen la mancha azul. Aunque en algunas especies duras, con tendencias a la deformación y el agrietamiento es necesario un secado lento, como en el encino, entonces son recomendables pilas más anchas de 8 a 12 pies. El alto de las pilas está dado por el número de capas o tongas, las más bajas toman menos tiempo en apilarlas cuando este trabajo se realiza manualmente y la madera se maltrata y golpea menos durante su manejo, sin embargo cuando el patio es pequeño se hace necesario entongar alto. Como en las pilas la circulación vertical del aire es descendente, entre más alta la tonga, existirá mayor diferencia de humedad entre las capas superiores y las inferiores, y existe el peligro de un secado irregular. Por experiencia se encuentra la óptima altura entre los 10 y 12 pies.

Es conveniente que la madera en una misma pila sea de la misma especie, con piezas del mismo grueso, que contengan aproximadamente el mismo grado de humedad, y de preferencia la misma longitud.

Separadores. Para permitir la circulación horizontal entre la pila, se utilizan unos listones, fajillas o separadores entre capa y capa. Es importante que las fajillas estén limpias de corteza, tratadas y que sus dimensiones sean uniformes. En el apilado de madera de pino de una pulgada, las fajillas más recomendables son las de una pulgada de grueso por dos de ancho, con una separación de 3 a 4 pies. En la madera de encino se recomienda una separación menor entre fajillas, por su tendencia al alabeo longitudinal.

Tiros y chimeneas. Entre las tablas de una misma capa deben de dejarse cada 15 pulgadas una separación de 4 a 6 pulgadas, para formar las chimeneas de circulación vertical. Los tiros serán las separaciones menores entre tabla y tabla.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

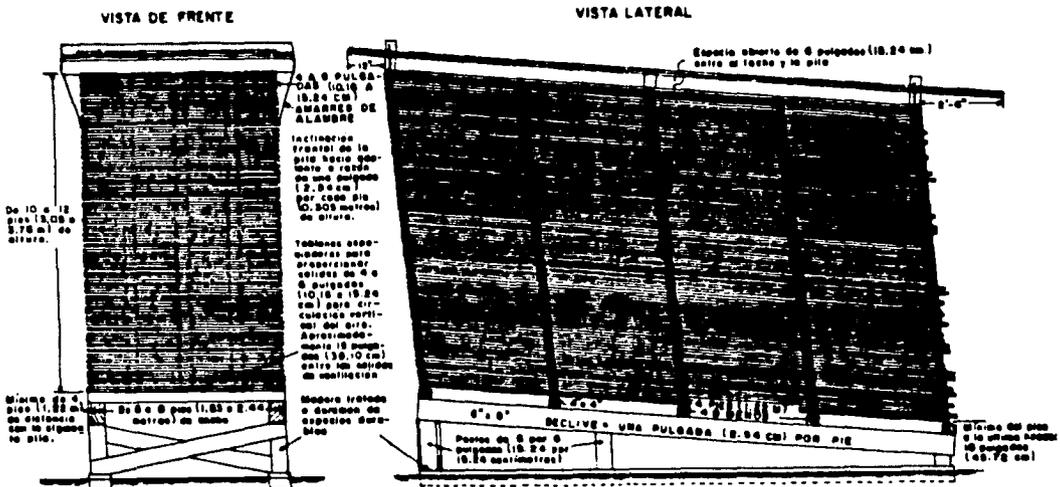


Fig. 4.3 Características esenciales para un buen apilado.

Techos. Las capas superiores de una pila están sometidos a condiciones más severas de variación de viento, calor húmedo y rayos

de sol directos; para proteger estas capas superiores es conveniente techar las pilas, se hace comúnmente con dos capas de madera de baja calidad aunque son más recomendables los techos preparados, volados y pesados, para que las capas superiores tengan peso, además de estar protegidas de la intemperie. Deben volarse los techos de 1 a 2 pies, por los cuatro lados y sujetarse con alambre para que no se vuelen.

4.6 Secado en estufa.

El proceso de secado en estufa es un proceso controlado de humedad, temperatura y tiempo, para lograr sacar el agua embebida o higroscópica de la madera con un proceso lento que no la dañe, consiguiendo con esto incrementar su resistencia mecánica, facilidad para su maquinado y reducir los defectos de secado al controlar su secado.

CAPITULO 5

PROCESO DE MOLDURADO

El proceso de moldurado se lleva acabo en un taller de elaboración de piso de madera, a partir de tablas ásperas, secas y estufadas entre los 6° y 12° de humedad, con las que se obtienen duelas para pisos y parquet. En este taller se llevan acabo dos líneas de flujo según el producto que se vaya a elaborar (duela o parquet).

5.1 Descripción del producto.

5.1.1 Duelas. Una duela es una tabla entre los 5/8", 3/4" y hasta 1" de espesor machihembrada, por los costados. El machihembrado consiste de una hendidura en uno de los costados que se denomina hembra y una saliente en el costado opuesto que se denomina macho, de ahí el nombre de machihembrado. A cualquier tabla con estas características se le denomina duela. Algunas duelas tienen además otras características que las hacen mas comerciales, que son la caja de humedad y el cabeceado. La caja de humedad consta de una o varias hendeduras a lo largo de la cara inferior de la duela, que permite la circulación del aire, una vez colocada en el piso, proporcionando con esto una protección en los cambios dimensionales por absorción de humedad del subsuelo. El cabeceado es un machihembrado en las cabezas de las duelas. A la cara superior se le denomina "cara vista", a la inferior trascara

Las medidas comercialmente hablando, generalmente se expresan en pulgadas. Los anchos comerciales son: 1 1/2", 2", 2 1/4", 2 1/2", 3", 4", 5", 6", y 7", y los gruesos 3/4" y 25/32" y a últimas fechas que la madera se ha vuelto más escasa, son también comerciales gruesos menores como 7/8", y largos diversos. Cuando todas las tablas que conforman las duelas tienen

largos mayores a dos metros, entonces se dice que la duela es entera y alcanza precios mayores, cuando no, se vende como duela empataada esto quiere decir que vienen revueltas tanto las duelas largas (2 mts. o más) y las cortas. El machihembrado también tiene sus secretos, nuestros productos tienen las dimensiones estadounidenses en el machihembrado que les proporciona mayor vida útil, esto se logra haciendo el machihembrado descentrado, menos cargado a la cara vista, con los siguientes espesores, $1\frac{1}{32}$ " de vida útil en la cara vista, $\frac{1}{4}$ " de machihembrado, y $\frac{5}{32}$ " de espesor en la cara inferior dando un total de $\frac{3}{4}$ " que es el espesor de nuestras duelas.

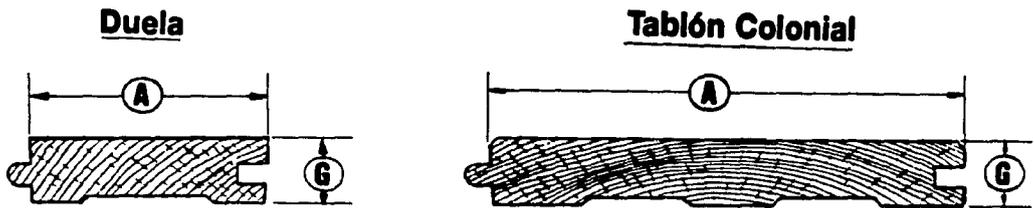


Fig. 5.1 Esquema de duelas para piso.

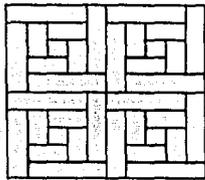
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A una duela con bisel se le denomina tablón. Comercialmente y por estética, sólo se biselan las duelas de 3" ó más de ancho. Algunos otros comerciantes denominan tablón o duela tablón a cualquier duela que su ancho exceda de las 5", aunque no este biselada.

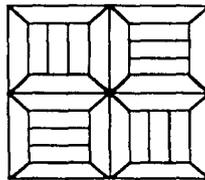
5.1.2 Los lambrines, son tablas machihembradas, iguales que las duelas, pero con menor espesor. Los espesores comerciales para los lambrines son: $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{8}$ " y generalmente son biselados, y su uso esta destinado a forrar muros y plafones.

5.1.3 Parquet, viene del francés *parqueté*, y son tabletas de madera que se pegan en el piso a manera de mosaicos, los espesores, anchos y largos comerciales de las tabletas que forman los parquets son: 10 mm., 9.5 mm. (3/8") y 8 mm. de espesor, los anchos van desde 3/4" hasta 50 mm. y largos diversos. Los largos siempre son múltiplos de los anchos, ya que de esta manera se logran formar diversos diseños. A estas piezas sueltas se les conoce comercialmente como *lamparquet*, *parcam* o *parqueleta* y son tabletas de 9.5 o 10 mm. de espesor y largás de 200 a 250 mm. y se desarrolla el diseño a la hora de la colocación. Los parquets mosaico ya vienen armados en cuadros con diferentes diseños. A continuación se muestran los diseños de parquet que se trabajan de línea en la fábrica donde se llevó a cabo este estudio.

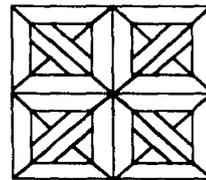
DISEÑOS DE LAMPARQUET



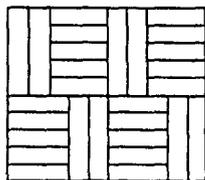
TOLEDO
cuadros de 48 x 48 cm.



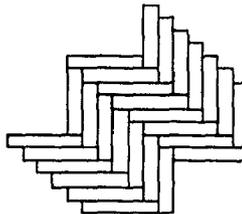
MONTICELLO
cuadros de 48 x 48 cm.



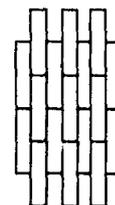
AMERICANO
cuadros de 20" x 20"



HOLANDES
cuadros de 48 x 48 cm.



ESPIGA
piezas de 1 7/8" x 9 3/8"



ALINEADO
piezas de 1 7/8" x 9 3/8"

Fig. 5.2 Diseño de Lamparquet.

Los parquets mosaico, se arman sobre diversos materiales que sirven de soporte de las tabletas que forman el parquet mosaico. Los materiales son papel de estraza por la cara vista, que se desprende humedeciéndolo durante la colocación. Papel perforado por la trascara, se coloca con el papel hacia abajo y la adhesión se logra a través de las perforaciones. Maya de algodón por la trascara pegada con adhesivo PVA y se puede preacabar en la fábrica. Alambre de aluminio insertado en ranuras por la trascara, y como la unión es fuerte, también puede preacabarse en fábrica.

5.2 Línea de flujo y descripción de la maquinaria.

Una vez que la madera esta seca entre los 6 y 12° de humedad, pasa a la fábrica de pisos, donde se siguen dos líneas de flujo, según el material sea para la elaboración de parquet o duela. En esta fábrica la producción es en lote.

En la elaboración de duela, primero se mejora la madera, con un trocero de cadera con motor siemens de 5HP disco de corte de 12" de diámetro, con dientes de carburo de tungsteno. En la fábrica se llama mejorar la madera, a cortar las puntas que están rajadas, que por lo general son casi todas las cabezas de las tablas, así como eliminar los nudos.

La sierracinta marca rockwell, con volantes de 80" de diametro, 3" de ancho, 5.80 mts. de largo, con motor de 5HP, marca WEG se utiliza tanto en la elaboración de duela como de parquet y sirve para dimensionar a lo ancho las tablas destinadas a la elaboración de duela y el largo de las de parquet.

En seguida se cepillan por los dos cantos y por una de las caras, se elige cepillar la mejor cara de la tabla ya que esta será la cara vista de la duela, la otra cara no se cepilla para que el rodillo de alimentación con la

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

tabla tenga agarre y no se patine. Este proceso se lleva a cabo en una molduradora, Yates American, machine C. O. modelo C89 con 4 cabezales de 12" de ancho y con motores de 10HP cada uno, con sistema de alimentación con rodillo con motor de 5HP. Al alimentar las tablas a la molduradora se debe hacer metiendo la madera al hilo para asegurar que el cepillado no arranque y raje la madera sino que la corte. Una vez cepillado todo el lote de madera, se hace el cambio de cuchillas a los cabezales de la molduradora, y se vuelven alimentar a la molduradora las tablas ya cepilladas, a la trascara se le hacen dos ranuras (caja de humedad), en los cantos los machihembrados hembra y macho respectivamente, y en la cara vista un cepillado fino. Las cuchillas que dan este terminado son de carburo de tungsteno.

Conforme van saliendo las duelas, se van machihembrando por las cabezas, en una cabeceadora para duela, con motor siemens de 5HP, fresas de corte de carburo de tungsteno, accionadas por compresor marca Ingersoll-Rand de 5 HP de 125 PSI con tanque de 60 galones.

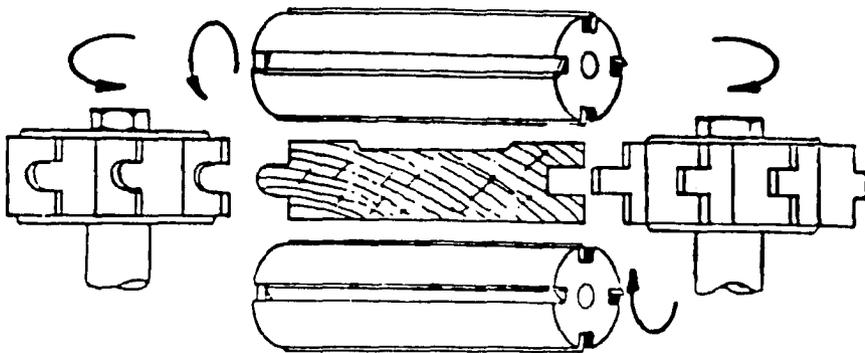
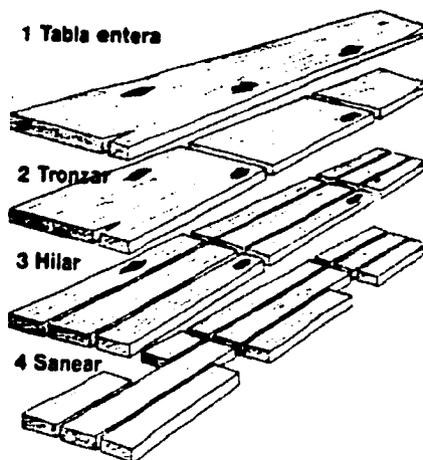


Fig. 5.3 Maquinado de las duelas

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Una vez cabeceadas las duelas, el producto esta listo para el empaque, que se lleva a cabo en un banco donde se acomodan las duelas en paquetes de 8 pies de largo (2.44 mts) y de anchos diversos, según el producto, cubiertos con plástico y flejados.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 5.4 Esquema del saneamiento de una tabla.

En la elaboración de parquet primero se mejora o sana la madera en la sierracinta, y en seguida se cepilla por los cuatro lados en la molduradora, de aquí se obtienen piezas cepilladas y bien dimensionadas de 3/8" de espesor, 2 3/8" de ancho y largos aproximados de 4 pies, que son tabletas aptas para la elaboración de cualquier diseño. Los cortes transversales para la elaboración de los diseños se llevan a cabo en unos troceros de banco, CTD machines Inc. modelo M225 con disco de carburo de tungsteno de 10" y motor de 2HP marca baldor.

Una vez cortadas las piezas que formarán el parquet, se arman en cuadros, se empapelan pegándolos con engrudo, se empaquetan con plástico y fleje.

SEGUNDA PARTE

CASO PRACTICO

METODOLOGIA

6. El asierre de la trocería.

6.1 Recepción de la trocería.

6.2 División de la trocería en dos loses.

6.3 Asierre de la trocería. Una parte de la trocería se aserró por el método tradicional "corte tangencial" y otra parte por el método de corte al cuarto. El corte tangencial se hizo para un volumen tal de madera donde el diámetro promedio de la trocería fuera de 12 pulgadas, y el resto se corto radialmente. En el asierre se obtuvo: Rendimiento de la trocería.

6.4 Se comparo el rendimiento con los datos historicos de la empresa.

7. Secado de la madera.

7.1 Tiempo requerido en el patio de presecado, para alcanzar los 30° de contenido de humedad, convenientes para continuar con el secado en estufa.

7.2 Tiempo requerido en la estufa, para alcanzar el rango de 8 a 12 grados de humedad, necesarios para el maquinado y utilización de la madera.

8. Maquinado

- Los tiempos requeridos para la elaboración del producto terminado.
- Rendimiento de la madera aserrada.
- Se comparo el rendimiento con los datos históricos de la empresa.

9. Análisis y conclusiones sobre el proceso.

CAPITULO 6

PROCESO DE ASIERRE

6.1 Recepción de la Trocería:

Se recibió del proveedor el primer lote de madera en julio de 1994. Se cubió la madera en rollo por medio de la regla Doyle que es la utilizada en esta región. El lote consistió en 14,683 pies rollo de madera de clase de "Quercus Erythrobalanus" (Quercus crassifolia y Quercus sideroxyla, especies rojas) que abundan en la región de Durango, en donde los bosques forman masas mezcladas de pináceas y encinas.

En la tabla 6.1a se enlista la trocería recibida así como su cubicación con la regla Doyle incluyendo para su medición una corteza del diámetro menor.

Tabla 6.1a

Trocería recibida

Largo pies	Cantidad Trozas	Diámetros en pulgadas		Volumen "Doyle"
		Σ	Promedio	
8	3	47	15.70	219
14	3	37	12.30	183
16	51	793	15.50	7,497
20	5	58	11.60	428
24	26	25	16.40	6,357
TOTAL	88	1,360	15.54	14,683

Se cortaron las trozas al largo comercial de 8 pies, obteniendo trozas de 8', 6' y 4' de largo. De una troza de 14' se obtuvo una de 8' y otra de 6' de largo, de una troza de 16' se obtuvieron dos de 8' de largo, de una de 20' se obtuvieron dos de 8' y una de 4', de una troza de 24 pies de largo se obtuvieron tres de 8 pies. Quedando un total de 196 trozas de 8 pies de largo, 3 trozas de 6 pies y 5 trozas de 4 pies de largo, tal y como se muestra a continuación. Tabla 6.1 b.

Tabla 6.1b

Trocería recibida cortada en largos comerciales.

Largo Pies	Cantidad Trozas	Largo obtenidos en pies			TOTAL Trozas
		8	6	4	
8	3	3			3
14	3	3	3		6
16	51	102			102
20	5	10		5	15
24	26	78			78
TOTAL	88	196	3	5	204

6.2 División de la trocería en dos lotes.

Al aserrar la madera hay que tener presente las dimensiones reales a las que se desea llegar con la tabla aserrada, ya que al secarse la madera encoge según se vio en capítulos anteriores, y el maquinado requiere de un refuerzo en la madera, para poder rebajarla hasta darle el terminado deseado.

Es por ésto que al decidir en nuestro estudio cómo aserrar la trocería, hubo que considerar que productos se requerían elaborar de acuerdo a la demanda de producto terminado prevaleciente en ese momento, que era el elaborar algo de parquet, es decir entre 3,000 y 5,000 pies-tabla de madera aserrada. El parquet se elabora en lotes según se vaya agotando el inventario de madera aserrada para su elaboración, el inventario que se mantiene de parquet es tanto en producto terminado como en madera acondicionada y apta para su elaboración, esto se debe a que como se tienen cinco diseños de parquet y el tenerlos todos en existencia inflaría el valor del inventario inútilmente, en cambio el tener la madera estufada, cepillada y dimensionada en lo ancho, es decir apta para la elaboración de cualquier diseño de parquet, disminuye el inventario y se elabora el diseño demandado. Un lote de madera aserrada y acondicionada, apta para la elaboración de cualquier diseño de parquet, en nuestra fábrica debe

mantenerse entre los 1,500 y 2,000 pies, esto es aproximadamente entre 230 y 390 metros cuadrados.

Una vez determinado que se requería aserrar madera para parquet, se dividió la trocería recibida en dos lotes. Un lote destinado a la elaboración de parquet en un 85% aproximadamente que se aserró tangencialmente (método convencional) y el otro lote fue destinado a la elaboración de tabla aserrada radialmente para duelas. Este método se sigue siempre que se desea producir parquet.

El primer lote, resultó de seleccionar las trozas de diámetros más pequeños, hasta alcanzar un diámetro promedio de doce pulgadas y aproximadamente 2,800 pies de madera en rollo. Tabla 6.2a.

Tabla 6.2a

**Trocería destinada al asierre por el método convencional
Corte Tangencial**

Cantidad De trozas	Largo pies	Diámetro Pulgadas	Volumen Doyle pie-tabla	Volumen Real pie-tabla	% Refuerzo VD vs VR
2	8	8.0	16	67	319
4	8	9.0	50	170	239
8	8	10.0	144	419	191
3	8	10.5	63	173	175
8	8	11.0	196	507	159
19	8	12.0	608	1,433	136
14	8	13.0	567	1,239	118
14	8	14.0	700	1,437	105
3	8	14.5	165	330	100
2	8	15.0	121	236	95
2	6	12.0	48	113	136
1	6	13.0	30	66	118
1	4	8.0	4	17	319
1	4	9.0	6	21	239
1	4	10.0	9	26	191
1	4	15.0	30	59	95
Totales	84	12.0	2,759	6,312	129

RESUMEN DEL PRIMER LOTE - CORTE TANGENCIAL

Cantidad de trozas	84	Piezas
Σ diámetros	1,010	Pulgadas
Promedio de los diámetros	12.0	Pulgadas
Volumen "Regla Doyle"	2,759	Pies - tablas
Volumen "Real decimal"	6,312	Pies - tablas
Volumen Doyle vs Volumen Real	129	% de refuerzo

El segundo lote, destinado en su totalidad al corte radial fue resultado del sobrante, después de seleccionar las trozas destinadas a la elaboración de parquet del primer lote. Tabla 6.2b

Tabla 6.2b

Trocería destinada al asierre por el método convencional Corte Radial

Cantidad de trozas	Largo pies	Diámetro pulgadas	Volumen Doyle pie-tabla	Volumen Real pie-tabla	% Refuerzo VD vs VR
1	4	16.0	36	67	86
21	8	15.0	1,271	2,474	95
3	8	15.5	198	377	90
18	8	16.0	1,296	2,413	86
6	8	16.5	469	855	82
17	8	17.0	1,437	2,572	79
13	8	18.0	1,274	2,205	73
8	8	19.0	900	1,512	68
3	8	19.5	360	597	66
7	8	20.0	896	1,466	64
9	8	21.0	1,301	2,078	60
2	8	21.5	306	484	58
4	8	22.0	648	1,014	56
5	8	23.0	903	1,385	53
3	8	24.5	630	943	50
Totales	120	17.9	11,924	20,444	71

RESUMEN DEL SEGUNDO LOTE – CORTE RADIAL

Cantidad de trozas	120	Piezas
Σ diámetros	2,147	Pulgadas
Promedio de los diámetros	17.9	Pulgadas
Volumen "Regla Doyle"	11,924	Pies – tablas
Volumen "Real decimal"	20,444	Pies – tablas
Volumen Doyle vs Volumen Real	71	% de refuerzo

RESUMEN GLOBAL DE LA TROCERÍA

Cantidad de trozas	204	Piezas
Σ diámetros	3,157	Pulgadas
Promedio de los diámetros	15.5	Pulgadas
Volumen "Regla Doyle"	14,683	Pies – tablas
Volumen "Real decimal"	26,756	Pies – tablas
Volumen Doyle vs Volumen Real	82	% de refuerzo

Es decir del total de la trocería 14,683 pies rollo de madera se destinará el 19% a un corte tangencial, y el 81 % se aserró radialmente.

Tabla 6.2c

Resumen tables 6.2a y 6.2b

LOTE	CORTE	No. Trozas	Diam. Prom. pulgadas	Volumen Doyle Pies – tabla	% Volumen		Refuerzo %
					Total		
1ro.	Tangencial	84	12.0	2,759	19		129
2do.	Radial	120	17.9	11,924	81		71
TOTAL		204	15.5	14,683	100		82

6.3 Asierre de la trocería

Una vez separada la trocería se aserró la madera, se tomó el tiempo global de operación en hrs/hombre y hrs/máquina, así como el rendimiento de la madera.

Si el asierre que se va a llevar a cabo con la trocería recibida, va a ser un corte "radial" entonces se cortan los troncos longitudinalmente por la mitad con una motosierra, (marca Husqvarna modelo 280 con barra de 28" de largo y cilindro de 66.7 cm³). En caso de que el asierre que se va a llevar a cabo sea un corte tangencial, entonces se lleva directamente a la rampa sin rajarse por la mitad.

Es importante hacer notar que la trocería no se corta por mitades hasta que no se vaya a aserrar dentro de las 24 hrs. siguientes ya que de lo contrario se expone mas al ataque de insectos, y al secado superficial que produce rajaduras. En ambos cortes, si van a transcurrir varios días antes de que se asierre la madera, es conveniente proteger las cabezas con algún impermeabilizante o pintura para disminuir el secado de la troza, previniendo así las rajaduras profundas por las cabezas.

Con el primer lote se aserraron tangencialmente, tablas de 1" de espesor hasta cuadrar la troza, que se destinaron a la elaboración de duelas. Una vez cuadrada la troza, se aserraron cuarterones de corte tangencial, de 2 ½" de espesor y anchos diversos según diámetro y calidad de cada troza, éstos a su vez se reasieran en sierrascintas auxiliares, para obtener tabletas de 2 ½" de ancho por ½" de espesor en corte radial. Según se muestra en la figure 6.3a.

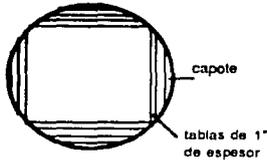
El segundo lote se aserró en su totalidad con corte radial o al cuarto con las trozas de mayor diámetro en tablas de 1" de espesor, que se destinaron la elaboración de duela.

Al final del asierre por el método radial, quedan unos pedazos de madera de sección rectangular que ya no es posible aserrar en la sierra banda o principal por lo pequeños que resultan, las garras del carro escuadra no logran sujetarlos, estos pedazos se reasieran en las sierrascintas auxiliares en tabletas para parquet (2 3/8" X ½").

Fig. 6.3a

Asierre de Tabletas para Parquet

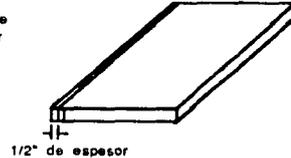
1º se cuadra la troza aserrando tablas de 1" de espesor.



2º se asieran cuarterones de 2 1/2" de espesor.



3º se reasieran en tablas para parquet de 1/2" de espesor



Consideraciones al cubicar la madera aserrada.

A lo ancho se tome como dato el valor del producto aserrado, en el espesor se considera el valor nominal, es decir al valor al que se desea llegar.

El valor nominal para los productos que se producen en la fábrica de pisos son los que se muestran en las siguientes tablas.

Espesores en el proceso de elaboración de la duela (pulgadas).

Proceso	Inicial	Pérdida	Final
Aserrar	1 1/8	1/8	1
Secado	1	1/8	7/8
Moldurado	7/8	1/8	3/4

Espesores en el proceso de elaboración del parquet (pulgadas).

Reasierre de cuarterones de 2 3/8" X 1/2"

Proceso	Inicial	Pérdida	Final
Aserrar	9/16	1/16	1/2
Secado	1/2	1/16	7/16
Moldurado	7/16	1/16	3/8

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Entonces el espesor nominal para las tablas de 1" destinadas a la elaboración de duela es de $\frac{3}{4}$ " que será el valor que se tome para cubicar la madera aserrada y el valor nominal de las tabletas para parquet de $\frac{1}{2}$ " será de $\frac{3}{8}$ ".

6.3.1 Rendimiento de la trocería.

A continuación se muestran los anchos y largos de las tablas obtenidas, para duela y tablón, así como las tabletas para parquet, en el corte tangencial, 1er. lote. Tabla 6.3.1a.

Tabla 6.3.1a

Piezas obtenidas en corte tangencial

TABLA PARA DUELA

ESPESOR NOMINAL $\frac{3}{4}$ ", ANCHOS Y LARGOS DIVERSOS

LARGO Pies	ANCHOS Pulgadas	PIEZAS	PIES por pieza	TABLA Σ
8	5 $\frac{3}{4}$	89	2.88	256
	4	53	2.00	106
	3	15	1.50	23
	2 $\frac{1}{4}$	13	1.13	15
SUBTOTAL 8'				400
6	5 $\frac{3}{4}$	37	2.16	80
	4	25	1.50	38
	3	3	1.13	3
	2 $\frac{1}{4}$	3	0.84	3
SUBTOTAL 6'				124
6	5 $\frac{3}{4}$	100	1.44	144
	4	21	1.00	21
	3	7	0.75	5
SUBTOTAL 6'				170
TOTAL				694

TABLETA PARA PARQUET

ESPESOR	$\frac{3}{8}$ "	PIEZAS	10,258
LARGO	4"	PIES - TABLAS x UNIDAD	0.30
ANCHO	2 $\frac{3}{8}$ "	Σ PIES - TABLAS TOTALES	3,045

Resumen de las piezas obtenidas en el corte tangencial

Madera aserrada	Ancho	Piezas	Pies	%
Parquet	2 3/8"	10,258	3,045	81.44
Duela	5 3/4"	226	480	12.84
Duela	4"	99	165	4.41
Duela	3"	25	31	0.83
Duela	2 1/4"	16	16	0.48
TOTAL			3,738	100

En este primer lote de madera aserrada se produjeron 3,738 pies-tabla con un volumen de 2,759 pies-tabla de madera en rollo, obteniendo un rendimiento del 135%, lo que puede resultar engañoso. Este resultado se debe, a que este primer lote se obtuvo de aserrar las piezas con diámetro promedio de 12 pulgadas y la Regla Doyle con la que se cubico la madera en rollo esta diseñada para trocerías de 15 pulgadas de diámetro o mas, de lo contrario subestima el volumen de pies tabla que se obtendrán al aserrar la troza, como sucedió en este caso. La regla Doyle ofrece un refuerzo mayor en cuanto más chico sea el diámetro de la troza. En este lote el refuerzo calculado con esta regla en comparación con el volumen real de la troza fue de 129% (tabla 6.2a).

Si analizamos el producto, con el volumen real de las trozas en rollo, entonces el resultado, es mas lógico, con 6,312 pies tabla de madera en rollo se producen 3,739 pies-tabla de madera aserrada, obteniendo un rendimiento del 59%.

Ahora bien con el dato anterior (59%) podríamos pensar que el rendimiento es muy bajo, pero en realidad se están considerando los espesores finales, es decir, la pérdida por enjutamiento de la madera al secarse así como la pérdida por el maquinado (cepillado) de la tabla. Si no consideramos estas pérdidas en el espesor del producto y cubicamos

las tablas con su espesor real obtenido hasta este punto, es decir en la tabla para duela 1" y en las tabletas para parquet ½" entonces el volumen total de madera es de 4,983 pies-tabla de madera aserrada, que contra el volumen real de madera en rollo 6,312 pies-tabla nos arroja un rendimiento del 79%.

A continuación se muestran los anchos y largos de las tablas obtenidas, para duela y tablón, así como las tabletas para parquet, en el corte radial.

Tabla 6.3.1b

Piezas obtenidas en corte radial

TABLA PARA DUELA

ESPESOR ¾", ANCHOS Y LARGOS DIVERSOS

LARGO Pies	ANCHOS pulgadas	PIEZAS	PIES - TABLA Por pieza	TABLA Σ
8	5 ¾	1370	2.88	3939
	4	822	2.00	1644
	3	248	1.50	372
	2 ¼	196	1.13	221
SUBTOTAL 8'				6175
6	5 ¾	63	2.16	136
	4	113	1.50	170
	3	42	1.13	47
	2 ¼	12	0.84	10
SUBTOTAL 6'				363
6	5 ¾	63	1.44	91
	4	242	1.00	242
	3	125	0.75	94
	2 ¼	80	0.56	45
SUBTOTAL 6'				471

TOTAL	7,009
--------------	--------------

TABLETA PARA PARQUET

ESPESOR	3/8"	PIEZAS	5,199
LARGO	4"	PIES - TABLAS x UNIDAD	0.30
ANCHO	2 3/8"	Σ PIES - TABLAS TOTALES	1,543

Resumen de las piezas obtenidas en el corte radial

Madera aserrada	Ancho	Piezas	Pies	%
Parquet	2 3/8"	5,199	1,543	18.04
Duela	5 3/4"	1,496	4,165	48.70
Duela	4"	1,177	2,056	24.04
Duela	3"	415	513	6.00
Duela	2 1/4"	288	279	3.23
TOTAL			8,553	100

En este segundo lote de madera aserrada se obtuvieron 8,533 pies-tabla con un volumen de 11,924 pies-tabla de madera en rollo, obteniendo un rendimiento del 72%.

RESUMEN GLOBAL DEL CORTE RADIAL Y TANGENCIAL

Madera aserrada	Ancho	Piezas	Pies	%
Parquet	2 3/8"	15,457	4,589	37.34
Duela	5 3/4"	1,722	4,645	37.79
Duela	4"	1,276	2,220	18.06
Duela	3"	440	544	4.43
Duela	2 1/4"	304	293	2.38
TOTAL			12,290	100

6.4 Comparación del rendimiento con datos históricos.

La empresa en sus inicios, aserró la madera de encino tangencialmente, pero en su lucha por mejorar su productividad y dar a sus clientes mayor garantía en los productos, se hizo este estudio que se comparó con los datos que se habían venido obteniendo durante cuatro años de trabajar el encino.

El rendimiento global de la trocería fue de un 83.7% ya que se obtuvieron 12,290 pies tabla de madera aserrada con 14,683 pies tabla de madera rolo, estos rendimientos de la trocería, son considerando un 25% de refuerzo en los espesores de las tablas aserradas, esto es con un refuerzo de $\frac{1}{4}$ " para las tablas de 1" y $\frac{1}{8}$ " para las tabletas para parquet de $\frac{1}{2}$ ", que será la pérdida de producto al secarse y cepillarse las tablas.

Tabla 6.4a

Rendimientos considerando 25% de refuerzo

CORTE	Volumen Doyle pie-tabla	% refuerzo V. Real vs V. Doyle	Volumen Aserrado pies - tabla	Rendimiento %
TANGENCIAL	2,759	129	3739	125.48
RADIAL	11,924	71	8553	71.73
TOTAL	14,683	82	12,290	83.70
HISTORICO	14,683	82	12,291	88.00

Hasta este punto del proceso que se llevo a cabo, resultó menos productivo, en cuando al rendimiento de la madera, en un 4.3%.

Otra manera de poder analizar estos datos como explicamos con el corte tangencial del primer lote, sería considerando los volúmenes reales de la trocería, es decir sin considerar los refuerzos que se obtienen al cubicar la trocería por medio de la regla "Doyle", y el volumen real aserrado sin el refuerzo que se considera para la pérdida de madera por enjutamiento al secarse y por el maquinado final, esto sólo a manera de conocer los rendimientos reales y no como base de nuestro estudio ya que la compra de trocería se lleva a cabo con la regla "Doyle" y lo que buscamos es obtener las dimensiones del producto final. Tomando en cuenta estas consideraciones el proceso resulta ser un 3% menos

productivo en cuanto al rendimiento de la trocería como se muestra en la siguiente tabla 6.4b

Tabla 6.4b

Rendimientos sin considerar Refuerzos

CORTE	Volumen Decimal pie-tabla	Volumen Aserrado pies-tabla	Rendimiento %
TANGENCIAL	6,312	4,985	79
RADIAL	20,444	11,405	56
TOTAL	26,756	16,387	61
HISTORICO	26,756	17,228	64

CAPITULO 7

PROCESO DE SECADO

7.1 Presecado al aire libre.

Conforme se fueron aserrando las tablas se apilaron (entongaron) en el patio de presecado, una vez en pilas clasificadas según su largo, se anotó la semana del año en que se apilaron, como control, con el fin de saber que tiempo llevan en el patio).

Tres semanas y media más tarde la madera alcanzó los 30° de contenido de humedad requeridos para continuar con el proceso de secado en estufa, este dato es relevante ya que en condiciones normales, cuando se aserraba en corte tangencial, el presecado al aire libre se lograba en dos semanas. Este tiempo de espera representa costo de mantener un inventario por un tiempo más prolongado.

7.2 Secado en Estufa.

La teoría explica que para un mejor aprovechamiento del recurso de la estufa, es conveniente presecar la madera al aire libre, hasta lograr los 30° de contenido de humedad (CH).

Anteriormente al llevar a cabo ésta teoría en nuestro proceso en corte tangencial se observaba que la madera empezaba a rajarse, acanalarse y en general a presentar defectos de secado, antes de llegar a los 30° de CH. Numerosos intentos por mejorar la calidad de la madera, nos inclinaron a no presecar al aire libre la madera de encino en corte tangencial y meterla a la estufa en estado verde, entre los 60 y 70° de CH. La madera aserrada sólo se apilaba en el patio 2 ó 3 días hasta que se producían los 15,000 pies tabla que es la capacidad de la estufa. Este método mejoro la calidad de la madera, pero se llevo mayor tiempo de recurso de estufa, lo que antes al meterla a los 30° de CH llevaba

2 semanas (14 a 15 días) de presecado al aire y 15 días de secado en estufa, ahora se llevó a cabo en 28 días de secado en estufa. El tiempo global de secado fue aproximadamente el mismo, con la diferencia que en el segundo intento se utilizó sólo el secado en estufa, que es el cuello de botella que restringe al proceso, lo que no ocurre con el patio de secado que es lo suficientemente grande como para no ser un factor a considerar como restricción.

En el proceso del método de corte al cuarto también se hicieron dos pruebas en el secado. La primera prueba se llevó a cabo como la teoría sugiere, se apiló en el patio de secado hasta que alcanzó los 30° de CH, ésta etapa duró 4 semanas, después se metió a la estufa donde llevo 23 días para lograr que su contenido de humedad bajara entre los 8 y 10° de CH.

En el segundo intento se presecó al aire libre 8 semanas por abajo de los 30° de CH, ya que con este corte no se observaron rajaduras ni torceduras al bajar su CH al aire libre, al meterla en estufa su duración de secado fue de 14 días. Este segundo intento nos resultó más atractivo ya que se ocupó menos tiempo de recurso de estufa que como ya dijimos es el que restringe el proceso. En resumen tenemos la siguiente tabla.

Prueba	Corte	Presecado al aire libre	Secado final en estufa
1ra.	Tangencial	14 días	14 días a 30° CH
2da.	Tangencial	Al presecar al aire libre se rajaba y ventilaba antes de llegar a los 30° CH por lo que se decidió no presecar	28 días a 60 ó 70° CH
1ra.	Radial	28 días	23 días a 30° CH
2da.	Radial	Al aire libre no se notaron rajaduras ni alabeo 56 días (8 semanas)	14 días a 30° CH

En nuestro análisis comparativo del proceso vamos a considerar tanto en corte tangencial como en el radial el segundo intento ya que fueron los que se tomaron como definitivos para secar la madera. El corte tangencial se llevo 28 días de recurso de estufa esto es 14 días más que con el método propuesto de corte radial, que tuvo una duración de 14 días en la estufa. En el secado al aire libre en corte radial se mantuvo durante 8 semanas, lo que no sucedió con el corte tangencial que no se presecó al aire libre. El tiempo global de secado en el corte radial fue de 70 días (10 semanas) esto es seis semanas mas (42 días) que con el corte tangencial.

Este resultado no favorece la rentabilidad del proceso, ya que mantener el inventario de madera presecándose al aire libre incrementa los costos financieros. En el último capítulo se hará el análisis global de cómo impacta esta decisión en proceso.

CAPITULO 8

PROCESO DE MOLDURADO

Una vez que la madera ha alcanzado el grado de humedad, deseado para el maquinado, (entre 8 y 12° de CH) se saca de la estufa y se procede al maquinado en la fábrica de pisos donde se lleva a cabo la producción en lote de duela y parquet, se anexa al presente trabajo el diagrama de horas hombre y horas máquina empleados para la producción de 480.54 metros cuadrados de duela de diferentes anchos, zoclo y cuarto bocel todos estos productos elaborados con un total de 7,703 pies tabla de la madera aserrada a 1" de espesor, que se obtuvo de los dos cortes, 7,009 pies tabla de corte radial y 694 de corte tangencial. Y de parquet 504.84 metros cuadrados con 4,588 pies tabla totales, 1,543 pies tabla del corte radial y 3,045 de la aserrada tangencialmente en cuarterones, que se reaserraron en sierras cintas auxiliares, ya radialmente.

8.1 Rendimiento del insumo en la fábrica de pisos.

El rendimiento de la producción en el proceso de moldurado se obtuvo de la siguiente manera:

Si con 7,703 pies-tabla de madera aserrada de 1 pulgada de espesor, se obtuvieron 480.54 metros cuadrados de madera de $\frac{3}{4}$ " y cada metro cuadrado de duela, zoclo o cuarto bocel de $\frac{3}{4}$ " de espesor, cúbica 8.073 pies tabla, (fig. 8.1) entonces de producto neto final se obtuvieron 3,879 pies tabla, que es el resultado de multiplicar: 480.54 m² por 8.073 pies tabla por metro cuadrado. Con este dato el cociente que resulta de dividir 3,879 pies tabla de madera final entre 7,703 pies tabla de madera de insumo representado en porcentaje, es el rendimiento del proceso de moldurado (50.35% de rendimiento).

De la misma manera se obtuvo el rendimiento en la elaboración de parquet, con la única diferencia de que la constante de pies tabla por metro cuadrado de parquet es de 4.036 pies tabla. Para la obtención de esta constante, imaginemos que tenemos una pieza de parquet de un metro por un metro por $3/8''$ (9.5 cm) de espesor, que es el espesor que tiene el parquet. Como un pie tabla es una pieza de un pie por un pie por una pulgada de espesor, entonces sus unidades cúbicas son pulgada por pie², así que en nuestra muestra imaginaria de parquet habrá que considerar el equivalente un metro que es igual a 3.2808 pies, entonces un metro cuadrado de parquet tiene $3/8$ pulgadas de espesor por 3.2808 pies por 3.2808 pies que cubica 4.036 pies-tabla por metro cuadrado [pulg/pie²], y esta es nuestra nueva constante para calcular el rendimiento de la madera en la elaboración de parquet. Con 4,588 pies tabla de madera de insumo se obtuvieron 505 m² de parquet (2,037 pies-tabla equivalentes) entonces el rendimiento fue de 44.41%

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

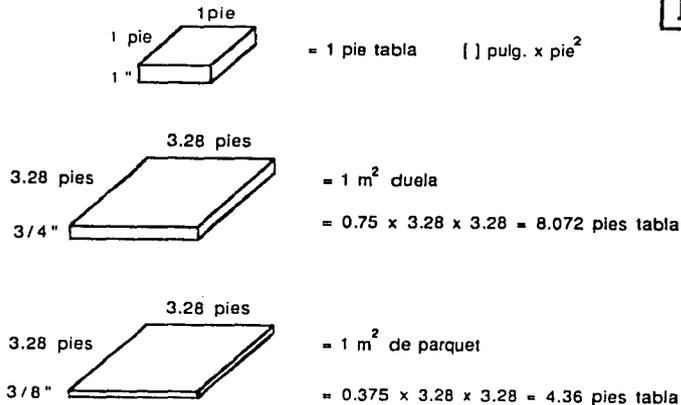


Fig. 8.1 Equivalentes de metros cuadrados a pies tabla.

Si sumamos los pies-tabla obtenidos de producto terminado tanto de parquet como de duela (3,879 pies tabla de duela mas 2,037 pies tabla de parquet) tenemos el total de pies tabla equivalentes de producto terminado, y el cociente que resulta de dividir 5,917 pies tabla de producto terminado entre 12,293 pies tabla de madera aserrada multiplicado por 100 nos da como resultado el rendimiento global del proceso de moldurado en porcentaje (48.13% de rendimiento en la elaboración de duela y parquet).

8.2 Comparación del rendimiento con los datos históricos

	MADERA ASERRADA		PRODUCTO TERMINADO				
	pies-tabla	%	PRODUCTO	m ²	pies-tabla	pt / m ²	%
ESTUDIO	7,703	63	DUELA	481	3,879	16.04	50.35
	4,588	37	PARQUET	505	2,037	9.09	44.42
	12,291	100	DUELA Y PARQUET		5,917		48.14
HISTORICO	8,099	63	DUELA	368	2,972	22	36.70
	4,822	37	PARQUET	371	1,497	13	31.05
	12,921	100	DUELA Y PARQUET		4,469		34.59

Hasta este punto encontramos que el rendimiento de la madera aserrada en la elaboración del producto terminado en corte radial es del 13.54 puntos porcentuales mas que por el método convencional. Si a esto le aunamos que por el método al cuarto se obtiene el 46% de duela en piezas de 12 cm. de ancho y que estas alcanzan un sobre precio del 15%, entonces buscaremos la equivalencia de este sobreprecio en metros cuadrados y pies tabla de duela angosta (8 cm., 2 ¼", y 1 ¼") de la siguiente manera:

Si de los 219 metros cuadrados que se obtienen de duela ancha de 12 cm. se multiplica por 1.15 se obtiene el equivalente de la duela ancha en duela angosta que son 252 m² equivalentes ya que como dijimos

alcanza un sobreprecio del 15% y si sumamos los 261 m² de duela angosta que se obtuvieron nos da como resultado 513 m² de duela, que multiplicándolos por 8.073 pies tabla que tiene un metro cuadrado, nos da como resultado el equivalente en pies tabla 4,145 pies tabla de duela, que a su vez los sumamos a los pies tabla obtenidos de parquet (2,038) para obtener los pies tabla totales equivalentes de producto terminado que son 6,183 pies tabla de este dato resulta que el rendimiento global es del 50% en vez del 48.14% que habíamos obtenido sin sacar esta equivalencia del sobreprecio en la duela ancha.

DUELA ANCHA EQUIVALENTE CON UN SOBREPREGIO DEL 15%

PRODUCTO	m ² obtenidos	%	m ² equivalentes	pies-tabla	pt/m ²	%
Duela angosta	261	54	261			
Duela ancha	219	46	252			
Total duela	481	100	513	4,145	15.00	54
Parquet	505	100	505	2,038	9.09	44
Total duela y parquet				6,183		50
vs pies – tabla en rollo						42

De esta misma forma obtenemos la equivalencia con los datos históricos de la empresa que obtenía el 80% de su producción en duela angosta y el 20% en duela ancha. Los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

DUELA ANCHA EQUIVALENTE CON UN SOBREPREGIO DEL 15 REFERIDA A LOS DATOS HISTORICOS

PRODUCTO	m ² obtenidos	%	m ² equivalentes	pies-tabla	pt/m ²	%
Duela angosta	294	80	294			
Duela ancha	74	20	85			
Total duela	368	100	379	3,061	27.50	38
Parquet	371	100	371	1,498	13.00	31
Total duela y parquet				4,558		35
vs pies – tabla en rollo						31

La diferencia entre los dos métodos es del 11 puntos porcentuales.

Teniendo como materia prima 14,683 pies tabla de madera en rollo, con el método de corte radial se obtuvieron 6,183 pies tabla de producto terminado equivalente, con un rendimiento global del insumo del 42.11%, lo que con el método convencional o corte tangencial el rendimiento era del 31.04% ya que se obtenían 4,558 pies tabla de producto terminado, la diferencia porcentual entre estos dos rendimientos es del 11.07 puntos porcentuales.

Once punto cero siete puntos porcentuales representan un 35.66% de incremento en el rendimiento del insumo, ya que con el 100% de la materia prima se obtenía el 31.04% luego entonces el cociente dividir 11.07 entre 31.04 nos da un rendimiento del 35.66% adicional.

El incremento en la producción fue de 1,625 pies tabla que representa el 36% de incremento en la producción, cociente que resulta de dividir el incremento 1,625 pies tabla entre el total de la producción referida a los datos históricos (4,558 pies tabla).

ANALISIS Y CONCLUSIONES

El aserradero en que se realizo este estudio, durante 5 años empleo el sistema de aserrado tangencial y de tres años a la fecha se cambio el sistema de corte tangencial a corte al cuarto, porque empíricamente se considero más ventajoso.

El objeto de esta tesis ha sido demostrar con base a los resultados obtenidos en la práctica las ventajas cualitativas y cuantitativas de aserrar la madera en rollo por el método de corte radial, para optimizar el aprovechamiento de la madera de encino en la elaboración de pisos.

Un meticoloso análisis de costos nos arrojo a los resultados que a continuación se muestran:

CONCEPTO	UNITARIO	CORTE TANGENCIAL		CORTE RADIAL		%
VENTAS						
Duela	\$145 / m ²	413 m ²	\$59,885.00	588 m ²	\$ 85,260.00	142
VENTAS						
Parquet	\$90 / m ²	398 m ²	\$35,820.00	570 m ²	\$ 51,300.00	143
TOTAL VENTAS			\$95,705.00		\$ 136,560.00	143
MATERIA						
PRIMA	\$2.10 /pie	15,909 pies	\$33,408.90	16,724 pies	\$ 35,120.40	105
ASERRAR	\$5,150 /dia	4.2 días	\$21,630.00	6 días	\$ 30,900.00	143
ESTUFAR	\$300 / día	28 días	\$8,400.00	14 días	\$ 4,200.00	50
MOLDURAR	\$1.43 /pie	14,000 pies	\$20,000.00	14,000 pies	\$ 20,000.00	
TOTAL COSTOS		4,492 pies	\$83,438.90	7,049 pies	\$ 90,220.40	108
UTILIDAD BRUTA			\$12,266.10		\$ 46,339.60	378

Con los datos de este análisis se observó que la venta se incrementa en un 42.69% y la utilidad en un 278%.

Con el corte tangencial se obtienen mayor número de pies tabla aserrados que con el corte al cuarto, además de que al requerir de menos cortes, son también menor, las horas hombre y máquina de aserrio que se emplean en el asierre de trocería.

El promedio de cortes en un tronco por el método de corte tangencial es de 28 y por el método de corte al cuarto es de 40.

Para hacer el análisis global del proceso se elaboro una gráfica que muestra el flujo de actividades a seguir para nuestro objeto, pudiendo constatar, que con el método de corte al cuarto se requiere comprar la materia prima seis semanas antes que con el método histórico, para conseguir el mismo flujo de salida de madera seca.

La estufa restringe al proceso, ya que aun trabajando ésta los 365 días del año las 24 hrs. del día, no absorbe, la capacidad máxima que podría dársele al aserradero, ni al taller de moldurado o producto terminado.

La capacidad de la estufa es de 14,000 pies tabla, para obtener 14,000 pies tabla aserrados con el método de corte tangencial se requieren 15,909 pies tabla de madera en rollo, con un 88% de rendimiento, (según datos históricos) y con el método de corte al cuarto se requieren 16,724 pies tabla de madera en rollo con un 83.71% de rendimiento (según datos obtenidos en este estudio).

Si en 48 horas se asierran 20,000 pies por el método de corte tangencial, entonces para obtener 14,000 pies tabla con este método se requieren 33 hrs., 36 min. (4 días, 1 hr., 36 min.) con días de 8 hrs. y con el método de corte radial se requieren 48 hrs. (6 días de 8 hrs.) es decir 1 día, 6 hrs. y 24 minutos más con el corte al cuarto, para obtener

en ambos casos 14,000 pies tabla de madera aserrada, necesarios para llenar la capacidad de la estufa.

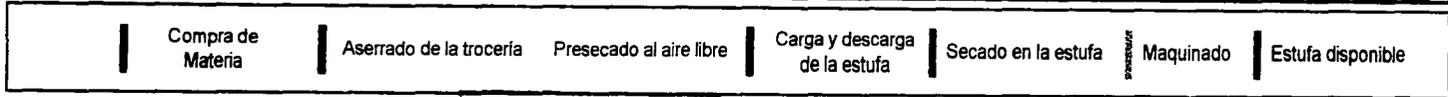
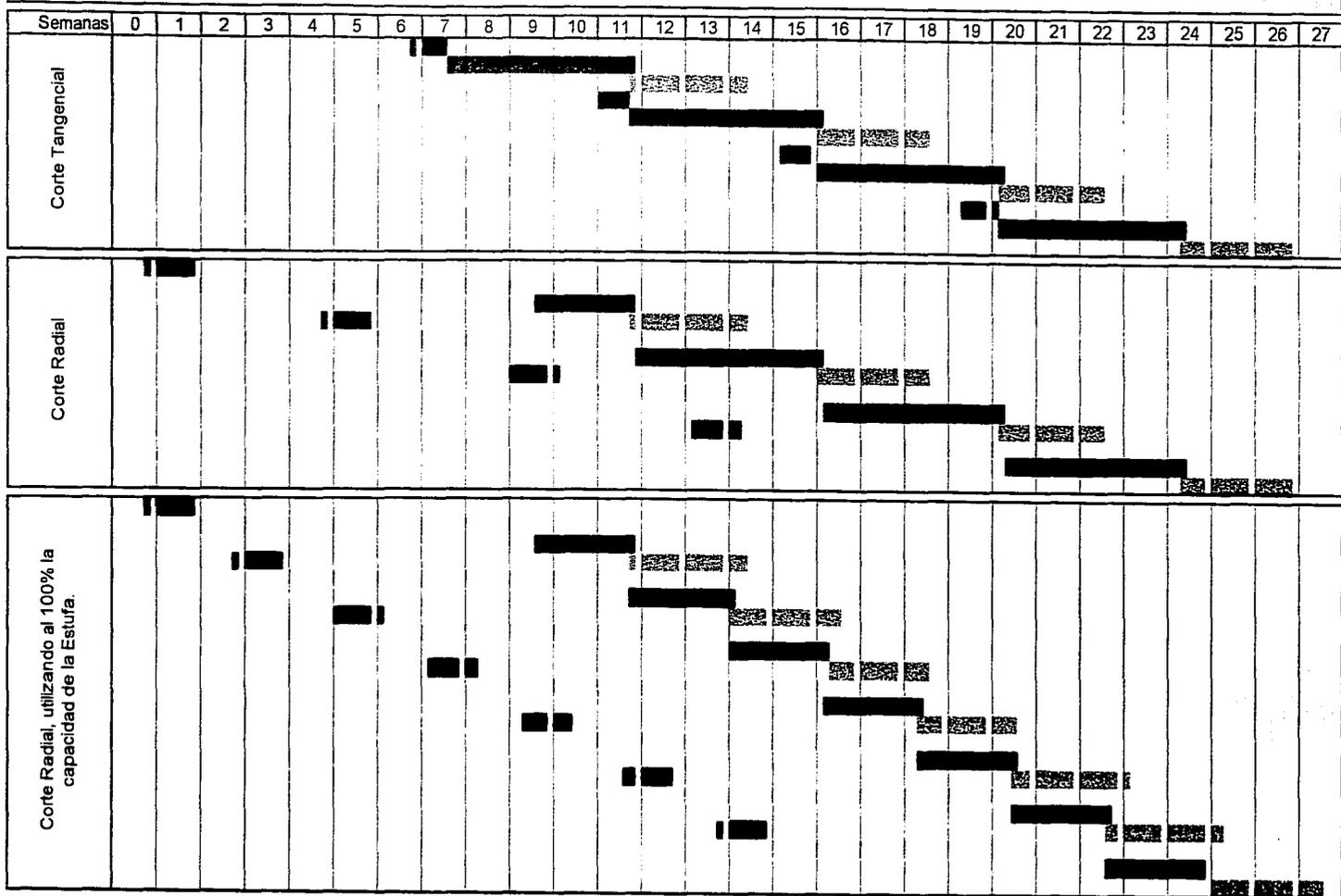
Con el corte tangencial se obtiene un producto que no permite el presecado al aire libre, y con el corte al cuarto se obtiene menor rendimiento pero de un producto con una estabilidad dimensional tal, que soporta un presecado al aire libre sin presentar defectos de secado en la tabla aserrada.

La duración del proceso de secado de la madera con corte tangencial es de 4 semanas en la estufa, y la duración del proceso del secado de la madera con corte radial es de 8 semanas en el patio de secado al aire libre y de dos semanas en la estufa.

Al trabajar en el taller de moldurado los 14,000 pies tabla de madera seca y aserrada radialmente se obtienen 7,049 pies tabla de producto terminado, con un rendimiento del 50%, y teniendo como insumo madera de corte tangencial se obtienen 4,942 pies tabla de producto terminado, con un 35% de rendimiento, aproximadamente en el mismo tiempo.

Con el corte radial en el asierre se obtienen menor numero de tablas anchas pero como en el taller de moldurado no se sacrifica casi ninguna tabla ancha porque salen de la estufa muy derechas y con pocos defectos de secado al final se obtiene el 46% de la producción de duelas en duelas anchas (12 cms.) que tienen un sobreprecio del 15%. Con el asierre tangencial se obtienen gran numero de tablas aserradas anchas, pero que en el taller de moldurado se tienen que sacrificar los anchos debido a las deformaciones que presenta la tabla al secarse, obteniendo al final sólo el 20% de la producción de duelas en duelas anchas.

Flujo de Actividades en el Proceso de Elaboración de Pisos de Madera



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Con el método tangencial se compran 15,909 pies tabla de madera en rollo y se obtienen 4942 pies tabla de producto terminado.

$4,942/15,909 * 100 = 31.06$ % de rendimiento en cuanto al insumo de materia prima se refiere.

Con el método radial se compran 16,724 pies tabla de madera en rollo y se obtienen 7,049 pies tabla de producto terminado.

$7,049/16,724 * 100 = 42.15$ % de rendimiento en cuanto al insumo de materia prima se refiere.

La diferencia porcentual en cuanto al rendimiento del insumo es de 11.09 puntos porcentuales que representan un 36 % adicional con el método de corte al cuarto.

$11.09/31.06 * 100 = 36$ % de incremento en el rendimiento en cuanto al insumo de materia prima se refiere.

El incremento en la producción es de 2,107 pies tablas adicionales cada 4 semanas, ocupando la estufa al 50% de su capacidad es decir durante dos semanas cada 13 ó 14 días. Este incremento representa un 42.63% adicional en el incremento de la producción.

$2,107/4,942 * 100 = 42.63$ % de incremento en la producción.

Con el método de asierre al cuarto, que permite el presecado al aire libre, se puede aumentar la producción, con las mismas instalaciones al doble (100%) con respecto al método estudiado y en un 185% contra el método histórico, teniendo un flujo de salida de 7,049 pies tabla cada dos semanas y ocupando la estufa al 100% de su capacidad, es decir sin tiempos muertos.

La estabilidad dimensional que se obtiene con el corte radial en los pisos tiene un gran atractivo en quienes van a colocar y garantizar un piso de madera. El coeficiente de dilatación o contracción tangencial es del doble de la radial.

La velocidad de secado así como la capacidad de absorción de humedad del medio ambiente se encuentra íntimamente ligada a la anatomía y disposición de los elementos que constituyen la madera, así pues una tabla con corte tangencial donde los rayos medulares quedan expuestos al aire en las caras de la tabla, facilitan la salida del agua libre, por consiguiente se seca mucho mas rápido, así como por contra absorbe con mayor facilidad la humedad del medio ambiente, cosa que no ocurre en una tabla con corte radial, ya que los rayos medulares sólo encuentran la salida del agua por los cantos de la tabla, esto es en una menor superficie.

Todas estas ventajas justifican con creces, el tener que comprar más materia prima, tener gran cantidad de producto en proceso, aserrar en más tiempo, todo ello para conseguir un rendimiento mayor con un producto más estable y mayores utilidades.

Bibliografía

Pérez Olvera Carmen de la Paz, "Anatomía de la Madera de Cinco Especies de Encinos de Durango". (Boletín Técnico No. 43 INIF) 2da. Edición. México, D. F., Abril 1982. Impreso por los Talleres Gráficos de la Nación. p. 31.

Pérez Olvera Carmen de la Paz y Aguilar Enríquez Ma. de Lourdes, "Diferencias Morfológicas Externas y Anatómicas de la Madera de los Encinos Blancos y Rojos". (Boletín Técnico INIF. 59). Imprenta D'Lerma S. A., México, Junio 1978, pp. 10, 11, 12.

Markwardt L. J. and Wilson T. R. C. "Strength and Related Properties of Woods Grown in the United States" (Technical Bulletin No. 479) United States Department of Agriculture Washington, D. C. September 1935. p. 6 - 7.

Fernández Guillermo "El Estufado de la Madera, Teoría y Práctica", México, 1962. p. 7.

Parra Alfredo, Valdés Francisco, Borgo Gumersindo "El Secado de Maderas en Estufa". Impresora Barrie S. A., 1953. p. 7.

Ávila Suárez Carlos G., "Árboles de México: El Encino". Revista de la Cámara Nacional de la Industria Forestal, México. Editada por el Centro de Información S. A., Año 3, No. 10 Junio-Agosto. p. 15.

Huerta Crespo Juana. "Notas sobre Anatomía de Maderas en Relación al Secado". Revista Forestal Ciencia Forestal, Vol. 1, No. 1 Mayo – Junio, 1976. pp. 43 – 51.

Franz F. P. Kollman, Wilfred A. Coté, Jr. "Principles Science and Techonology", Editorial Springer – Verlang, N. Y. Berlin Inc., 1968. Tomo I pp. 6, 18, 155, 475, 481, 486, 487.

Katherine Esau "Anatomy of Seed Plants", 2da. Edición, Copyright 1960, 1977 by John Wiley & Sons, Inc. Printed in the United States of America.

Robles Fernández y Villegas Francisco, Echnique – Manrique Ramón. "Estructuras de Madera", México. Editorial Limusa S. A., 1983.

Pedraza Mejía Saúl Héctor "Recomendaciones para el secado de la madera al aire libre" Revista Ciencia Forestal, México, Vol. 9 No. 52, Nov – Dic 1984. pp. 53 – 63.

Becerra Martínez Jorge "Usos probables de la madera de dos encinos del Estado de Durango". Revista Ciencia Forestal, México, Vol. 2, No. 5, Ene – Feb 1977. pp. 3 – 13.

Arthur Koehlerr & Rolf Thelen, "The Kiln Drying of Lumber" Mc Graw-Hill Book Company, Inc. New York – London, 1926.

R. Bruce Hoadley, "Understanding Wood". Séptima Edición. The Taunton Press, Inc. 1990.

GLOSARIO

Agua higroscópica, de impregnación, de saturación, absorbida o embebida: Es el agua que se haya dentro de las paredes de la célula misma.

Agua libre: Es el agua contenida en las pequeñas cavidades tubulares de las células que constituyen la madera.

Angiospermas: Pertenciente a la clasificación de las plantas que tienen la semilla adentro del ovario, dentro de ésta clase la subclase con las dicotiledóneas que incluyen a todos los árboles de maderas duras.

Anillos Anuales o anillos de crecimiento: Son capas concéntricas que se forman en un árbol en un período de crecimiento.

Anisotrópico: Que no tiene las mismas propiedades en todas direcciones o sentidos.

Cambium: Es una capa delgada unicelular entre la corteza y la albura, que continuamente forman madera nueva en la parte interior y corteza en la exterior.

Colapso: Estado de la madera cuando se encoge y se deforma irregularmente durante el proceso de secado, por hundimiento y deformación de las células, debido a la pérdida rápida del agua de las paredes de las células, esta deformación es causada por tensión capilar.

Contenido de humedad en la madera: Es la relación entre el peso del agua que contiene la madera y su peso seco, expresado en porcentaje.

Corte radial o al cuarto: Se refiere al maquinado de donde se obtienen piezas de madera en donde los anillos anuales forman ángulos mayores a 45 grados, idealmente de noventa grados, con la superficie de la tabla.

Corte tangencial: Se refiere al maquinado longitudinal de una troza, de tal manera que los anillos anuales intersectan la superficie con un ángulo menor de 45 grados.

Corte transversal o por cabeza: Se refiere al maquinado perpendicular al eje del árbol y dimensiona el largo de la pieza de madera.

Defectos: Irregularidades en la madera que disminuyen su grado de resistencia, valor o utilidad.

Densidad o peso específico: Es la masa o peso por unidad de volumen.

Dirección del grano: El sentido en que están dispuestas las mayorías de las células o fibras en una pieza de madera.

Estricción: Constricción, que se encoge, alarga, se debilita.

Equilibrio Higroscópico o Equilibrio del contenido de humedad: Es el momento en el que se da un equilibrio entre el contenido de humedad de la madera y la humedad relativa de la atmósfera donde se encuentra.

Fibra: Tipo específico de células de las maderas duras, alargadas, con terminación en punta, paredes gruesas y que contribuyen notablemente a la dureza y resistencia de la madera.

Gimnospermas: Perteneciente a la clasificación de las plantas que tienen la semilla al descubierto, hoja perenne en forma de aguja y corresponden a las maderas suaves.

Grado de humedad relativa: Es la relación entre la cantidad de vapor de agua presente en el aire y la que tendría a la misma temperatura si estuviera saturado.

Grano: Es un término versátil y confuso donde su significado específico se encuentra asociado a un adjetivo, dentro de sus usos está la dirección de las células (dirección del grano, paralela al grano, perpendicular al grano), apariencia ó figura (de grano fino, grano grueso), contraste del crecimiento de la madera tardía o temprana (grano disparejo) y color (grano plateado).

Lignia: Sustancia química compleja que compone aproximadamente el 25% de la sustancia de la madera.

Lumen: Cavidad de la célula.

Paralela al grano: A lo largo del grano o de las células. En el sentido longitudinal de las células o fibras en una pieza de madera.

Parénquima: m (del gr. paregkhuma, sustancia de los órganos) Anat. Tejido celular esponjoso. Bot. Tejido de nutrición. Son células de paredes

delgadas, vivas cuando pertenecen a la albura, su función es la de almacenamiento y distribución de sustancias alimenticias.

Perpendicular al grano: Formando más o menos un ángulo de 90 grados entre el sentido de las fibras o células de una pieza de madera.

Pie tabla: Es el volumen de una pieza de un pie por pie por una pulgada de espesor.

Poros: El corte transversal de los vasos en las maderas duras.

Presión de vapor: Es la presión parcial que ejercen las moléculas en fase de gas líquido con el que se encuentra en contacto en el punto de equilibrio. Para cada sustancia la presión de vapor es función de la temperatura.

Punto de equilibrio: Se da cuando el número de moléculas que se evaporan es igual al número de moléculas que se condensan (igual velocidad de evaporación que de condensación).

Punto de saturación de la fibra (PSF): Es el punto o momento en el cual la madera ha perdido el agua libre en tanto que sus paredes no han perdido humedad.

Radial: Relativo al radio. Es el sentido o dirección que se sigue del centro ó médula del tronco a un punto exterior de la corteza.

Rayos: Son láminas longitudinales formadas por hileras de células parenquimatosas que parten del centro ó médula en forma radial, cortando los anillos de crecimiento en ángulo recto.

Tangencial: Describe las superficies y secciones de la madera perpendiculares a los rayos y más o menos paralelos a los anillos de crecimiento.

Tensión: Estado de lo que está estirado, reacción de los cuerpos elásticos ante las fuerzas que tienden a deformarlo (alargarlo).

Tílides o tilosis: Son contenidos de las células del parénquima, que se introducen en los vasos a través de las puntuaciones de los mismos, por lo tanto son formaciones exclusivas de las angiospermas.

Transversal: Describe las superficies y las secciones de la madera perpendiculares al eje del árbol.

Traqueidas o fibras: Son células alargadas de conductividad que comprende alrededor del 90% de la composición de las maderas blandas, también se encuentran en algunas maderas duras.

Vasos: Tubo de conductividad en las maderas duras formados por arreglos de células con sus extremos abiertos en corte transversal a los vasos se les denomina poros.