

Tabla de contenido

Introducción	5
CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA	6
1. Propiedades Anatómicas	6
1.1 Planos de la madera	6
1.2 Propiedades generales de la madera	7
1.3 Composición anatómica de la madera	9
1.4 Distribución de los elementos celulares.	10
1.5 Efectos de la anatomía en las propiedades de la madera.	12
Propiedades físicas de la madera.	14
1. Importancia de las propiedades físicas de la madera.	14
1.1 Contenido de humedad	14
1.2 Densidad.....	16
1.3 Peso específico.	16
1.4 Estabilidad dimensional.....	17
Propiedades Mecánicas de la madera.	20
1. Importancia de las propiedades mecánicas de la madera.	20
PROCESOS PRODUCTIVOS.	24
1. Aserrío.	24
1.1 Patrón de corte.....	25
1.2 Operaciones básicas	26
1.3 Máquinas para aserrío.....	28
2. Secado	32
2.1 Importancia del secado en la industrialización de la madera	32
2.2 Tipos de secado:.....	33
2.3 Programas de secado	35
2.4 Factores que afectan el secado.	35
2.5 Defectos de secado	37
2.6 Recomendaciones para un buen secado.....	38
3. Preservación.	39
3.1 Importancia de la preservación.....	39
3.2 Degradación de la madera.	39
3.3 Métodos de preservación.	42

PROCESAMIENTO SECUNDARIO y trabajabilidad de la madera	46
1. Trabajabilidad de la madera	48
ANEXO 1	51
ANEXO 2	55
ANEXO 3	59
BIBLIOGRAFIA	60

Indice de Cuadros y Figuras

Cuadro 1. Planos de corte de la madera aserrada vista en un extremo o sentido transversal.	7
Cuadro 2. Tipos de grano con sus respectivas características.	8
Cuadro 3. Descripción de las principales células que componen a la madera	9
Cuadro 4. Tipos de agua con sus respectivas posiciones y efectos sobre la madera.	15
Cuadro 5. Clasificación de la madera según su peso específico.	17
Cuadro 6. Clasificación de la madera según su porcentaje de contracción	18
Cuadro 7. Tipos de carga	20
Cuadro 8. Principales cargas mecánicas a las que puede estar sometida la madera.	21
Cuadro 9. Comparación de las propiedades mecánicas en condición seca	23
Cuadro 10. Operaciones básicas en aserrío.	27
Cuadro 11. Ventajas y desventajas de aserradero fijo y portátil	29
Cuadro 12. Funciones de máquinas para aserrío.	30
Cuadro 13. Comparación entre madera de bosque natural y madera de plantación.	31
Cuadro 14. Ejemplo “Programa de Secado”	35
Cuadro 15. Humedad inicial de algunas especies de plantación	36
Cuadro 16. Comparación del tiempo de secado para maderas de plantación con un espesor de 2,5 cm, según método de secado.	37
Cuadro 17. Defectos producidos durante el secado.	37
Cuadro 18. Comparación entre hongos manchadores y hongos de pudrición	41
Cuadro 19. Algunas especies clasificadas según su durabilidad	42
Cuadro 20. Operaciones en la madera	46
Cuadro 21. Comparación de la trabajabilidad de la madera de 10 especies estudiadas provenientes de plantación de Costa Rica.	49
Figura 1. Planos de crecimiento de la madera.	6
Figura 2. Diferentes planos de la madera.	6
Figura 3. Diferencia de coloración entre albura y duramen.	8
Figura 4. Diferentes tipos de porosidades.	11
Figura 5. Tipos de parénquima.	12
Figura 6. Efectos de la anatomía en las propiedades de la madera	13
Figura 7. Contracciones o deformaciones de la tabla según la parte de la troza donde fue cortada.	18
Figura 8. Contracción de una pieza de madera en corte radial.	19
Figura 9. Esquema básico de aserrío de trozas.	24
Figura 10. Patrones de corte para trozas de Bosque Natural.	25
Figura 11. Patrones de corte para tozas provenientes de Plantaciones.	25
Figura 12. Aserrío Primario.	26
Figura 13. Bloques y tablas obtenidos del proceso de aserrío secundario.	26
Figura 14. Aserradero fijo.	28
Figura 15. Aserradero móvil o portátil.	29
Figura 16. Esquema de evaporación del agua.	33
Figura 17. Pila de secado al aire.	34
Figura 18. Secado convencional de madera.	34

Figura 19. Agentes de deterioro de la madera	40
Figura 20. Agentes de degradación de la madera.	40
Figura 21. Tanque de acero donde se aplica el método de preservación vacío-presión	43
Figura 22. Madera preservada con tratamiento de vacío-presión	43
Figura 23. Penetración de preservante en madera de Melina	44
Figura 24. Canoa de inmersión	45

INTRODUCCIÓN

Las características propias de la madera tienen un impacto directo en el rendimiento, la trabajabilidad y el adecuado desempeño de la madera. El almendro es una madera que se conoce como dura, la melina una que se conoce como suave. Qué significa esto? Se puede utilizar el almendro y la melina para los mismos productos? Se puede procesar de la misma manera?

Otro ejemplo: dos tipos de madera - madera albura (parte clara) y el duramen (conocido por algunos como madera de corazón) - tiene sus efectos durante el uso ya que la madera de duramen tiene mayor durabilidad natural, pero este tipo de madera por lo general no es posible de preservar. Otro en el caso de la fabricación de muebles, el entender que madera con poros grandes (poros visibles a simple vista) por lo general no puede ser usada en muebles ya que producen una textura gruesa, que las hace difícil de lijar y aumentan el consumo de acabado. No obstante madera de poros de tamaño medio (poco visibles a simple vista) son las más usadas en la fabricación de muebles.

En resumen, es muy importante tener claridad de las propiedades de la madera que se desea utilizar en un proceso productivo. Éstas determinarán en gran medida los equipos, herramientas, procesos y productos que se puedan fabricar.

Este módulo de ingeniería de la madera se divide en dos grandes apartados. El primero, “Características de la madera” describe algunos elementos básicos acerca de las características de la madera y como estos impactan en su uso y desempeño. Este es un apartado que incluye algunas descripciones teóricas que requerirán de la atención del lector pero que conforme avance la lectura se entenderá su aplicación en la práctica. En el segundo apartado “Procesos productivos”, se hará una breve descripción de las principales operaciones ejecutadas durante la manufactura y cómo las características indicadas afectan o facilitan el procesamiento de la madera y su trabajabilidad.

CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA

1. Propiedades Anatómicas

1.1 Planos de la madera

Para comprender la naturaleza de las características de la madera es importante entender el tema relacionado con los planos de la madera, comúnmente llamados corte de madera. Estos cortes son dados por el origen del árbol, porque durante su desarrollo el crecimiento se produce en dos sentidos longitudinal y transversal. (Figura 1):



Figura 1. Planos de crecimiento de la madera.

Debido que el árbol tiene forma de cilindro, es posible encontrar tres posibles planos: radial, tangencial y longitudinal. Estos planos se muestran en la figura siguiente.

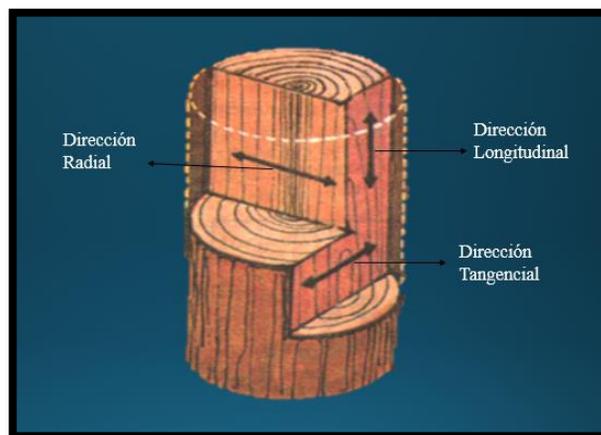
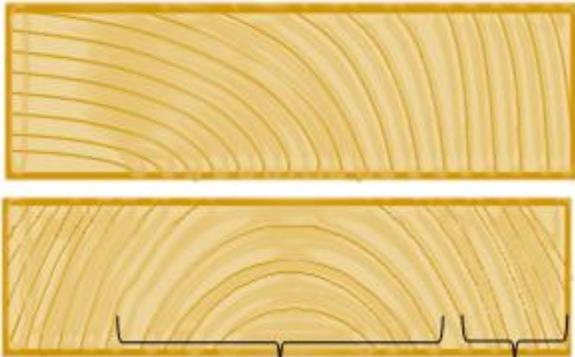


Figura 2. Diferentes planos de la madera

Foto: Fuente: JAC 1980

La troza, luego de su aserrío y considerando los planos anteriores, puede generar tablas con los siguientes cortes:

Cuadro 1. Planos de corte de la madera aserrada vista en un extremo o sentido transversal.

<p>Plano tangencial: La tabla es cortada paralela o tangente a los anillos de crecimiento</p>	
<p>Plano radial: La tabla es cortada paralelo a los radios o perpendicular a los anillos de crecimiento.</p>	 <p style="text-align: center;">Anillo de crecimiento</p>
<p>Plano oblicuo: La tabla es cortada en una parte de la troza que contiene madera de corte tangencial y madera de corte radial.</p>	 <p style="text-align: center;">Parte de corte tangencial Parte de corte radial</p>

1.2 Propiedades generales de la madera

Las propiedades generales de la madera pueden ser observadas a simple vista.

- Albura: es la parte del árbol que se encarga de almacenamiento de nutrientes, conducción de agua y procesos metabólicos; en algunas especies de árboles corresponde a la parte más clara de la madera y por lo general se encuentra en la parte más externa del troco y es de color blanco (Figura 3).
- Duramen: se encarga del soporte del árbol y en algunas especies corresponde a la parte más oscura de la madera (Figura 3). Esto es importante ya que este tipo de madera tiene diferentes condiciones, por ejemplo la madera de albura es menos durable que la madera de duramen.

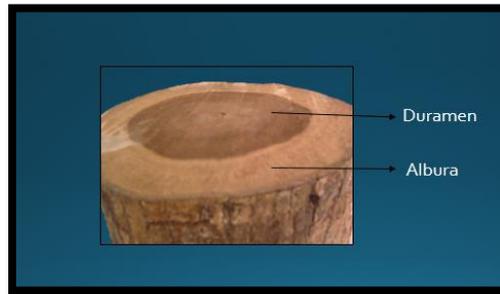


Figura 3. Diferencia de coloración entre albura y duramen
Foto: Róger Moya

- Textura: Esta característica está relacionada al tamaño de los poros. Madera de textura fina posee poros pequeños y madera de textura gruesa posee poros gruesos.
- Grano: se refiere al hilo de la madera en relación al eje del árbol o de una pieza de madera (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tipos de grano con sus respectivas características.

Tipo de grano	Características	Ejemplos
Recto	Las capas de crecimiento tienen una misma dirección durante todo el año. Madera susceptible a rajarse.	<i>Cordia alliodora</i> (Laurel)
Entrecruzado	Las capas de crecimiento presentan diferente orientación. La madera presenta muchas deformaciones y dificultades de trabajar.	<i>Dipteryx panamensis</i> (Almendro)
Ondulado	Las capas de crecimiento alteran constantemente su dirección, aparentando irregularidad.	<i>Terminalia</i> sp. (Surá)
Inclinado o diagonal	Los elementos longitudinales de la madera presentan un desvío respecto al eje longitudinal del árbol. Afectan significativamente las propiedades de la madera.	<i>Eucalyptus</i> sp.
Velloso	Se da durante cepillado de la madera y se produce con frecuencia en madera que se cepilla verde.	
Levantado	Se da durante el cepillado de la madera y se produce con frecuencia en madera que se cepilla verde.	

Fotos: Róger Moya

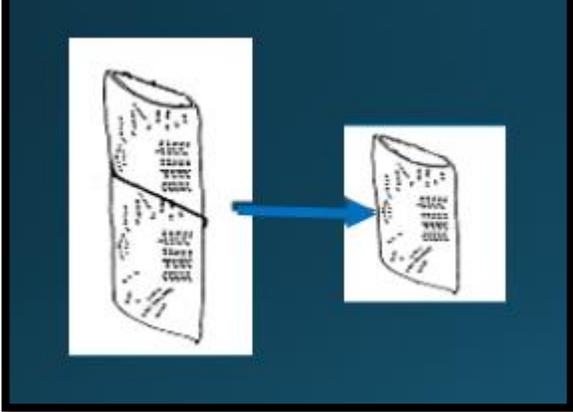
- Color de la madera: las maderas oscuras están asociadas a alta durabilidad y de esto depende su valor comercial.

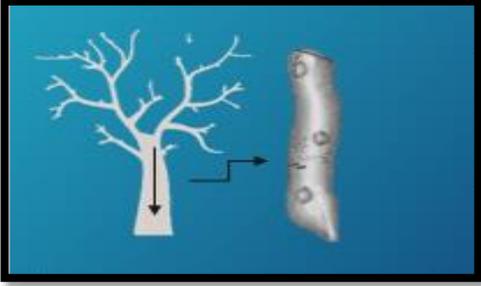
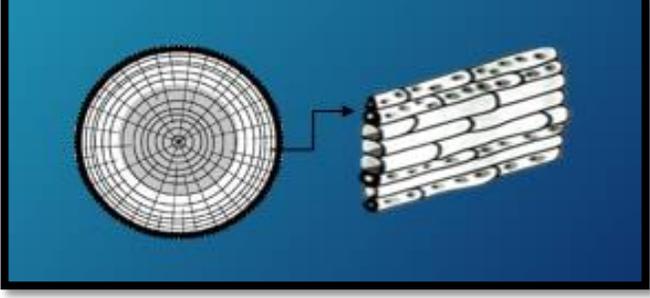
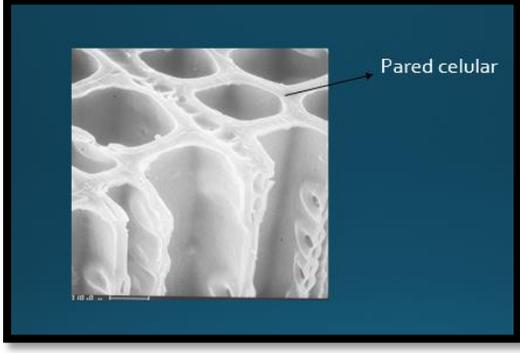
- Olor: es producto de sustancias presentes en el duramen y se da principalmente en la madera recién cortada. Por ejemplo: Olor agradable (cedro) y olor desagradable (Surá).
- Sabor: al igual que la anterior es originado por la presencia de sustancia (extractivos) en la madera. En algunos casos pueden limitar la utilización de algunos tipos de madera para ciertos usos.
- Lustre: capacidad de reflejar la luz o exhibir cierto resplandor. Depende del tipo de luz y la presencia de sustancias en la madera, por ejemplo sustancias aceitosas y cerosas reducen el lustre. Tipos: bajo, mediano y alto.

1.3 Composición anatómica de la madera.

La madera está compuesta por: fibras, vasos o poros y parénquima (radial y longitudinal). Una breve descripción se presenta a continuación:

Cuadro 3. Descripción de las principales células que componen a la madera

<p>Fibras: son los elementos que sirven de soporte mecánico del árbol.</p>	
<p>Vasos o poros: tienen forma cilíndrica y cumplen con la función de transportar agua y minerales desde las partes más bajas hacia las más altas del árbol.</p>	

<p>Parénquima axial o longitudinal: sirven de almacenamiento de nutrientes. Son de forma cilíndrica y están ubicados longitudinalmente en el árbol</p>	
<p>Parénquima radial: tienen la función de almacenamiento de nutrientes, son de poca longitud y de forma cilíndrica</p>	
<p>Pared Celular: se encarga del crecimiento y la rigidez del árbol, además los protege de los virus</p>	

1.4 Distribución de los elementos celulares.

Cada elemento anatómico tiene una distribución en la madera que lo hace característico de cada especie. Estos elementos anatómicos se pueden distinguir visualmente y es aceptado utilizar en muchos casos lupas de 10 aumentos (10X). Seguidamente se detallan cada uno de ellos:

Vasos: se distinguen por el extremo o cabeza de la pieza de madera. Estos se distinguen por que se observan orificios muy pequeños y pueden presentar 3 tipos de porosidades (Figura 4): difusa, anular o semianular, y en algunos casos es posible observar estos alineados en filas o cadenas.

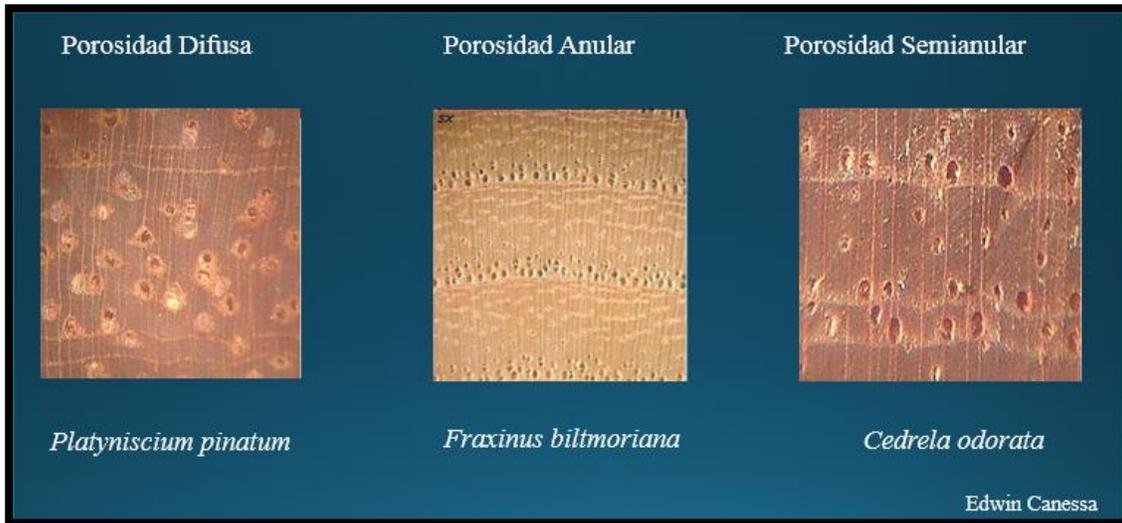


Figura 4. Diferentes tipos de porosidades.

Radios: este tejido, observado en la sección transversal, se diferencia del resto de los elementos anatómicos por presentar una tonalidad más clara. Básicamente presenta dos tipos de distribución: estratificado y no estratificado.

Parénquima longitudinal: nuevamente se observa en la sección transversal y generalmente presenta diferentes tipos: paratraqueal (asociado a poros) y apotraqueal (no asociado a poros). En la siguiente Figura 5 se distinguen los diferentes tipos de parénquima.

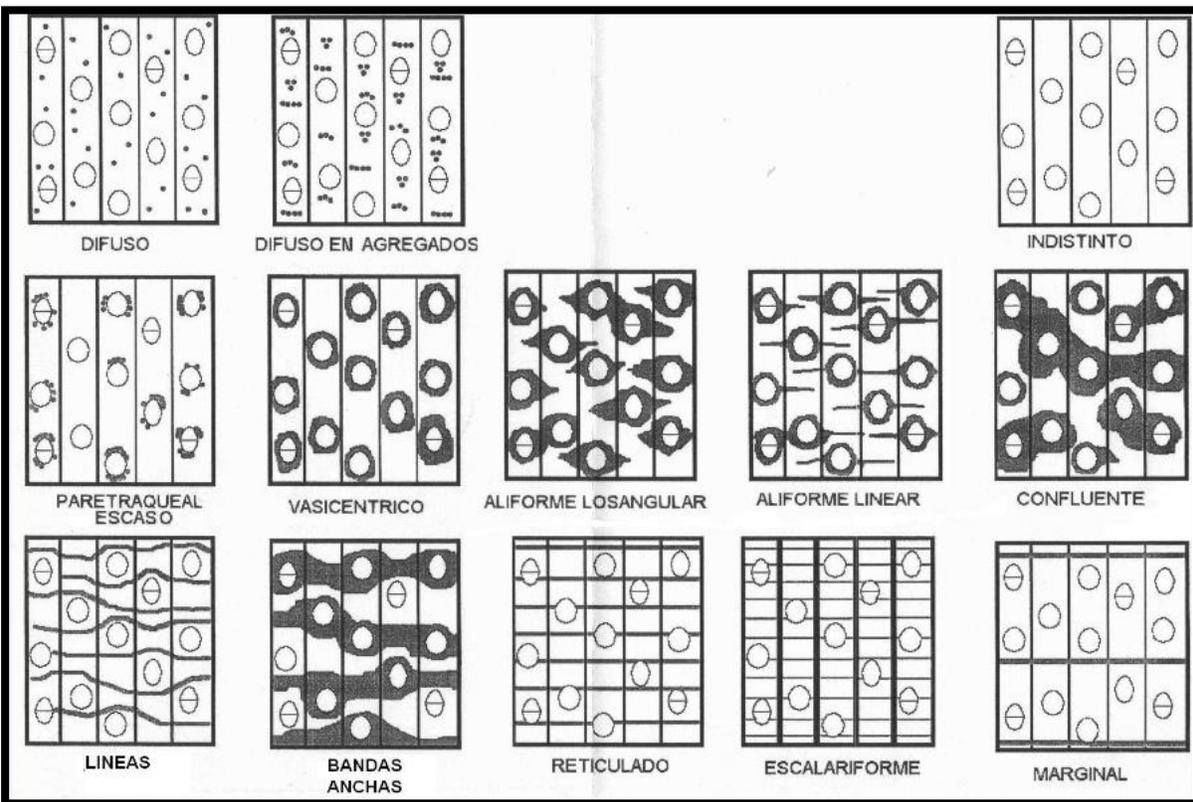


Figura 5. Tipos de parénquima.

Foto: Instituto de Pesquisas Brasileñas (IPT)

1.5 Efectos de la anatomía en las propiedades de la madera.

La figura a continuación muestra la relación entre la estructura anatómica de la madera (las características que se han revisado hasta el momento) y sus propiedades y su comportamiento tecnológico, es decir, cómo la anatomía determina aspectos fundamentales como: densidad, resistencia, durabilidad natural, permeabilidad, trabajabilidad, estabilidad dimensional, encolado y aplicación de acabados, capacidad de combustión y apariencia decorativa.

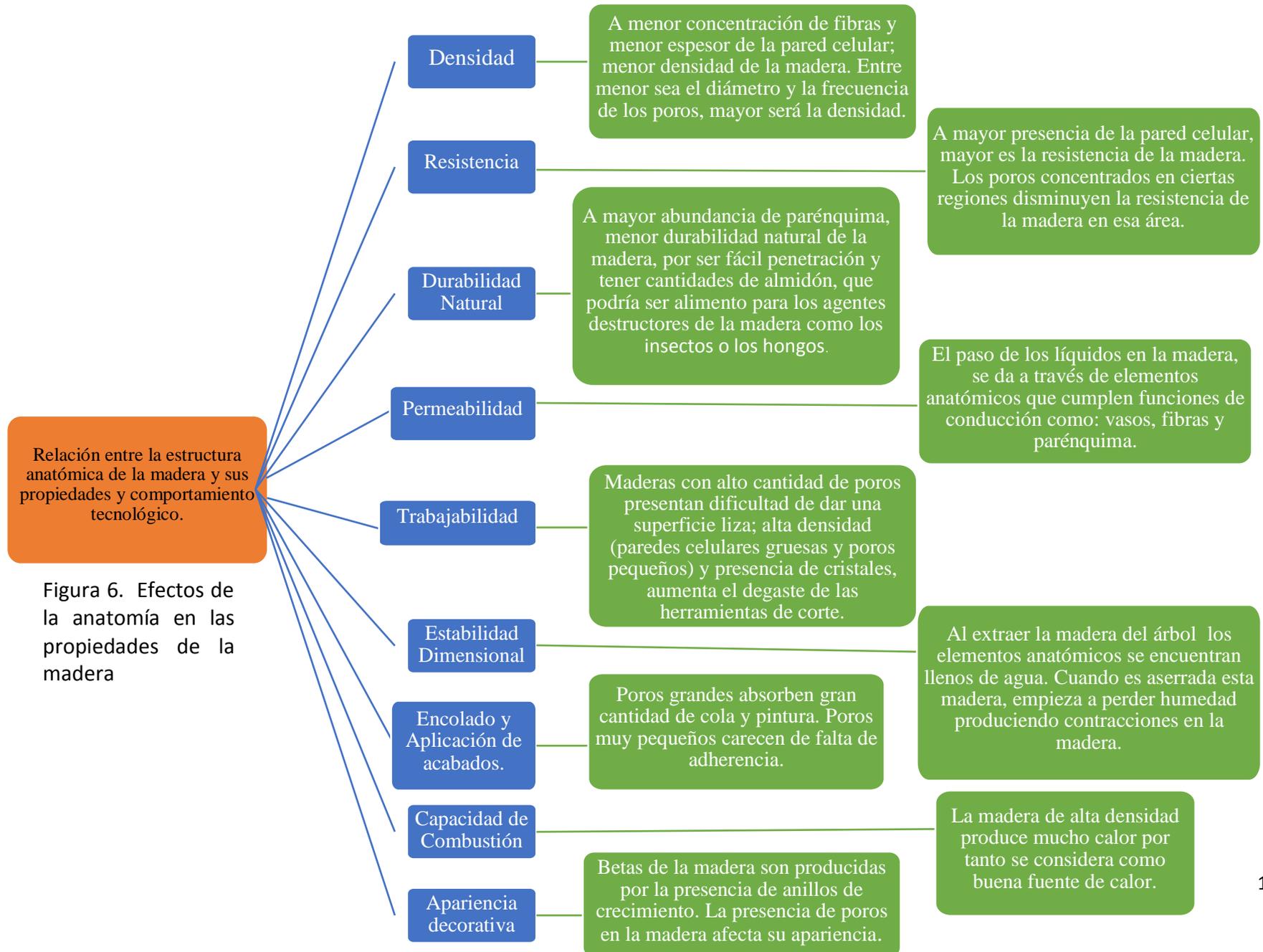


Figura 6. Efectos de la anatomía en las propiedades de la madera

PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA.

Las propiedades físicas son características de la madera y tiene estrecha relación con las condiciones de crecimiento, la edad, la parte del árbol y el manejo que le dio el productor a la plantación.

1. Importancia de las propiedades físicas de la madera.

El conocimiento de las propiedades físicas es de gran importancia en la industrialización de la madera, porque permiten definir la capacidad de una determinada especie para un uso específico.

Por ejemplo: tomando en cuenta las propiedades de hinchamiento y contracción, se recomienda al aserrador cortar la madera con sobre dimensión (dimensionado en verde). Esto porque al secarla se produce una disminución de las dimensiones y podía alterar el uso final de la madera. El conocimiento del contenido de humedad es fundamental ya que algunas especies como melina y teca se sabe que contienen alta humedad, pero otras especies como las trozas de las partes altas de acacia poseen baja humedad. Esta diferencia en humedad podría repercutir en el secado de la madera. En el caso de la densidad, es importante en el momento del transportar la madera, debido al peso y al espacio que esta ocupa en el camión transportador y por tanto el costo de transporte. Por ejemplo es común utilizar una relación de 1100 kg de madera en trozas por cada metro cúbico.

El conocimiento de las propiedades físicas de la madera es de gran importancia en su industrialización, porque permiten determinar la capacidad de cada especie para un uso específico.

A continuación se explican las propiedades físicas más importantes y que tienen mucha relación con el desempeño de la madera y su industrialización:

1.1 Contenido de humedad

Los árboles, al ser seres vivos, necesitan gran cantidad de agua para vivir, por esto el agua es un componente natural de cada árbol. El agua puede representar más de la mitad del peso de la madera y la cantidad varía dependiendo de la especie, de la edad del árbol, de la época del año y del lugar donde crece dicho árbol. Un aspecto importante a destacar de

las propiedades físicas y muchas otras propiedades de la madera es que estas tienen una relación directa con el contenido de agua dentro de la madera.

El contenido de humedad se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \left[\frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \right] * 100$$

Por ejemplo, si se tiene una pieza de madera cuyo peso en verde es de 350 gramos; luego se lleva al horno y alcanza un peso seco de 150 gramos, en ese momento el contenido de humedad de la pieza, acorde con la ecuación siguiente, es de 133 %.

$$\text{Contenido de humedad (\%)} \text{ en pieza de } 350 \text{ gramos.} = \left[\frac{350 - 150}{150} \right] * 100 = 133\%$$

Cuadro 4. Tipos de agua con sus respectivas posiciones y efectos sobre la madera.

Tipo de agua	Sitio donde se presenta	Efectos sobre la madera
Agua Libre	Vasos, canales resiníferos y cavidades celulares (lumen).	Brinda peso a la madera y la hace susceptible al ataque de hongos e insectos.
Agua Atada	Paredes celulares.	Produce contracciones e hinchamiento en la madera y no permite el ataque de hongos e insectos.
Agua de Constitución	Compuestos químicos de la madera.	Se elimina solamente cuando se quema la madera.

El agua en la madera se presenta de tres formas diferentes, su ubicación y efectos que presentan sobre la madera se muestran en la continuación:

- Agua libre: es la humedad que se encuentra dentro de la madera y se presenta en forma líquida y es eliminada durante las primeras horas del secado o días después de que el árbol se corta.

- Agua atada: es el agua que se encuentra en la pared celular de las fibras y es la que produce contracciones en la madera cuando se elimina en secado. En caso de humedecerse la madera, el agua que se absorbe ingresa a la pared celular de las fibras, por lo que se da hinchamiento en la pieza de madera. Este tipo de agua es difícil de eliminar dentro de la madera y por lo tanto se necesita más calor para secarla.
- Agua de constitución: este tipo de agua forma parte de la madera y se puede eliminar solamente cuando dicha madera es quemada.

El agua atada es la que tiene el principal efecto en pandeo y contracciones y expansiones dimensionales de la madera, de ahí su importancia

El término madera húmeda se describe como el contenido de humedad verde o máximo de la madera, esto se da cuando la madera está saturada de agua, es decir, al ser recién cortada o estar sumergida totalmente en agua, en ese momento todos los espacios celulares y la pared celular se encuentran llenos de agua.

Un parámetro muy usado y que es importante durante el secado es el referido al Punto de Saturación de las Fibras (PSF). Este punto significa el contenido de humedad donde se ha liberado el agua libre y solamente queda el agua atada. En forma general y a nivel mundial se establece que el PSF se alcanza cuando el contenido de humedad en la madera es igual al 30%.

1.2 Densidad

Es la relación que hay entre la masa (peso) de la pieza de madera y el volumen de la misma. Es una propiedad física que varía según el grado de humedad de la madera, por esta razón no es común que se presente este tipo de término para madera.

Por ejemplo: se tiene una pieza de madera que en verde pesa 3,2 Kg, sus dimensiones son de 1”x3”x4 varas, es decir, el volumen es de 6137 cm³, por lo tanto la densidad de esta pieza es de 500 kg/m³, acorde con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa (Kg)}}{\text{Volumen (m}^3\text{)}}$$

$$\text{Densidad} = \frac{3,2 \text{ Kg}}{0.006137 \text{ (m}^3\text{)}} = 500 \text{ Kg/ m}^3$$

1.3 Peso específico.

Es la relación entre el peso de la madera y el peso de un volumen de agua, o bien, la relación entre la densidad de la madera y la densidad del agua.

Por ejemplo: si se utiliza la misma pieza del ejemplo anterior donde se obtuvo una densidad de 500 Kg/m³, y tomando en cuenta que la densidad del agua es igual a 1000 Kg / m³, se obtiene un peso específico de esa pieza de madera de 0,5, acorde con la ecuación siguiente:

$$\text{Peso específico} = \frac{\text{Densidad de la madera (Kg/m}^3\text{)}}{\text{Densidad del agua (Kg/m}^3\text{)}} = \frac{500 \text{ Kg/m}^3}{1000 \text{ Kg / m}^3} = 0,5$$

El peso específico es importante ya que se suele clasificar la madera según este parámetro, a continuación se detalla esta clasificación. (Cuadro 5).

Cuadro 5. Clasificación de la madera según su peso específico.

Pesos específicos básicos	Término descriptivo FPL 0171	Clasificación de Costa Rica	Principales especies comerciales
Menos de 0,20 0,20 a 0,25	Extremadamente liviana Excesivamente liviana		Balsa, Jaúl, Cebo, Botarrama
0,25 a 0,30 0,30 a 0,36	Muy liviana Liviana	Liviana	
0,36 a 0,40	Moderadamente liviana		
0,40 a 0,42 0,42 a 0,50	Moderadamente liviana Moderadamente pesada	Semidura	Melina, Ciprés, Pochote, Laurel, Teca, Caoba
0,50 a 0,60	Pesada		Acacia, Pino, Eucalipto, Cedro.
0,60 a 0,72 0,72 a 0,68	Muy pesada Excesivamente pesada	Dura	Manú, Roble, Surá Guayacán Real,
Más de 0,68	Excesivamente pesada		Almendro,

1.4 Estabilidad dimensional

Se entiende por estabilidad dimensional la disminución o el aumento de las dimensiones de las piezas de madera debido a los cambios de humedad (Figura 7). Esta estabilidad varía con el peso específico de las especies, el contenido de humedad y de las condiciones de secado (tiempo, temperatura, forma de las piezas). Sin embargo el factor que más influye en las contracciones de la madera es la posición dentro del árbol o la sección transversal. La siguiente figura muestra cuál es el tipo de contracción que se presenta en las piezas de madera, según la parte de la troza donde fue cortada la tabla.

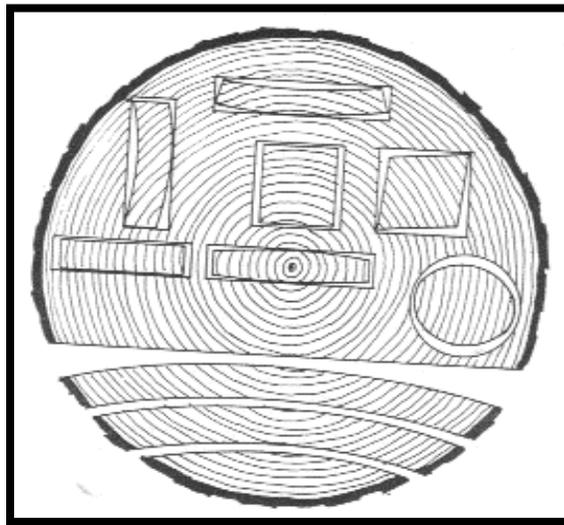


Figura 7. Contracciones o deformaciones de la tabla según la parte de la troza donde fue cortada

Foto: JUNAC, 1980

Un aspecto importante de mencionar sobre las contracciones y el hinchamiento es que éstas ocurren bajo el punto de saturación de las fibras (30%), por lo que la contracción no se presenta cuando la madera está húmeda.

En el cuadro 6 se presenta la clasificación de la madera según su porcentaje de contracción.

Cuadro 6. Clasificación de la madera según su porcentaje de contracción.

Contracciones	Clasificación	Principales especies comerciales
1-4%	Bajo	Balsa, Jaúl, Cebo, Botarrama
5-7%	Media	Melina, Ciprés, Pochote, Laurel, acacia, Teca, Caoba, Cedro, Pino, Eucalipto.
Mayor a 8%	Alta	Manú, Roble, Surá Guayacán Real, Almendro.

Las contracciones se pueden presentar en tres direcciones: tangencial, radial y volumétrica.

- Contracciones en el corte tangencial: Se presentan cuando en la tabla se observan los anillos de crecimiento como muestra en la figura 8 la tabla recién cortada

presenta 12 pulgadas de ancho (30 cm) (a) y luego de secado la disminución a lo ancho de la pieza se produce tangente a los anillos y su dimensión puede ser de 1/4 pulgada, quedando un ancho de $11\frac{3}{4}$ pulgadas (ver línea punteada en a.)

- Contracciones en el corte radial: Se presentan cuando en la tabla se observan los anillos como muestra la figura 8 (b). La tabla recién cortada presenta 12 pulgadas de ancho (30 cm) y luego del secado la disminución del ancho de la pieza se produce perpendicular a los anillos de los árboles y su dimensión puede ser de 1/8 pulgadas, quedando un ancho de $11\frac{7}{8}$ pulgadas (Figura 8b).

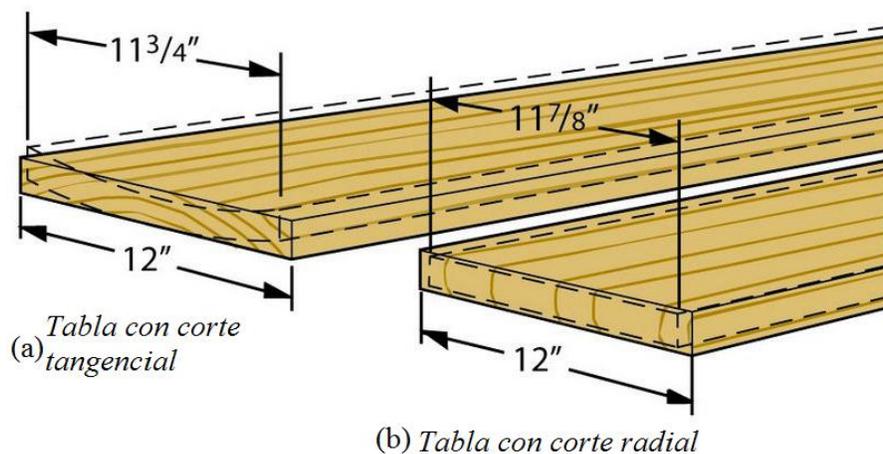


Figura 8. Contracción de una pieza de madera en corte radial

Fuente:

http://workshopcompanion.com/KnowHow/Design/Nature_of_Wood/2_Wood_Movement/2_Wood_Movement.htm

- Contracciones volumétricas: se refiere al cambio de volumen en las piezas de madera debido a la pérdida de humedad; es la suma de todas las contracciones y normalmente es mayor en las piezas de madera con mayor densidad.
- Hinchamiento: es lo contrario a la contracción, aumento de las dimensiones de las piezas y ésta depende del contenido de humedad de la madera, se refiere a la absorción de agua, lo que produce aumento de peso y aumento en dimensiones de las piezas de madera. Esto ocurre cuando una tabla seca se humedece, por ejemplo, en época húmeda o durante la época lluviosa muchas puertas se pegan porque la madera de las puertas se hincha.

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA.

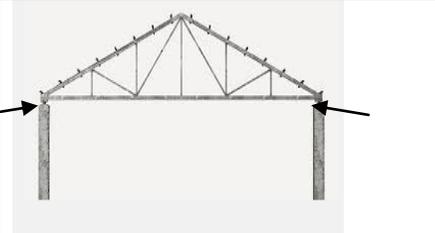
1. Importancia de las propiedades mecánicas de la madera.

Las propiedades mecánicas son características importantes pues determinan la resistencia que tendrá la madera en aplicaciones donde está sometida a carga o altos esfuerzos. Por ejemplo, la resistencia de una carrocería de madera para un camión que transporta ganado, la resistencia de construcciones con aplicaciones estructurales, el tipo de madera que se debe utilizar para la construcción de un puente donde es necesario que resista el tránsito diario, o la dureza de la madera de los pisos para evitar rayonazos.

Las propiedades mecánicas, son aquellas propiedades que permiten diseñar estructuralmente un producto en madera. Puede entenderse también como la capacidad que tiene la madera de resistir alguna carga.

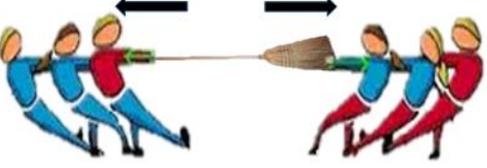
La carga es la acción o fuerza que actúa sobre un cuerpo o estructura para cambiar su forma (deformación). Se identifican tres tipos de carga (Cuadro 7):

Cuadro 7. Tipos de carga.

Tipo de carga	Descripción	Ejemplo
Muerta	Es una carga permanente en la estructura de madera y puede ser el peso de las láminas de zinc sobre una viga de madera.	
Instantánea	Es momentánea, como cuando una persona está sentada en una silla.	
Súbita	Se da por un período de tiempo intermedio, como al golpear una pared fuertemente con el puño cerrado.	

En la madera que está siendo usada estructuralmente, existen cargas a las que puede estar sometida (Cuadro 8):

Cuadro 8. Principales cargas mecánicas a las que puede estar sometida la madera.

<p>Esfuerzo de flexión: es aquel esfuerzo donde la madera es colocada en sentido longitudinal y esta soportada en dos puntos y se le aplica una carga, la cual produce una curvatura, flexión o pandeo. En este uso son importantes los siguientes términos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Módulo de ruptura (MOR), el cual representa la máxima carga (Carga de falla) que soporta la pieza de madera en un área determinada. • Módulo de elasticidad, este término representa la capacidad de la madera a doblarse sin llegarse a quebrar. Por ejemplo las piezas de madera que conforman un puente de madera ya sea para transporte o de tipo peatonal. 	 <p>Fuente: http://www.tiempo.com.uy/forestales/1414-un-puente-de-madera-une-regiones-del-uruguay-profundo-en-paso-del-billar</p>
<p>Compresión: es la resistencia que tiene la madera a soportar las fuerzas que tratan de comprimirla. Determina la carga que un poste o columna podría soportar.</p>	
<p>Tensión: Se presenta cuando una pieza de madera se trata de estirar como un elástico. Por ejemplo cuando una escoba es tomada por dos o más personas, esta se trata de estirar.</p>	
<p>Dureza: es la resistencia de la madera al rayado o desgaste. Esta</p>	

<p>representa la resistencia que tiene la madera al hundimiento por una punta, como por ejemplo la resistencia de un piso de madera al caminar una mujer con un tacón muy fino.</p>	
<p>Clivaje: es la resistencia que tiene la madera a rajarse. Esto es importante por ejemplo al rajar leña con un hacha donde se trata de cortar la madera a lo largo de la pieza.</p>	
<p>Clavos o tornillos: es la resistencia que tiene una pieza de madera cuando se va a sacar un clavo o tornillo</p>	 <p>Fuente: http://es.123rf.com/imagenes-de-archivo/hand_with_hammer.html</p>

Las propiedades mecánicas se pueden ver afectadas por los siguientes factores:

- Porcentaje del contenido de humedad: al secar la madera (disminuir el contenido de humedad) se aumentan las propiedades mecánicas.
- Nudos: aumenta la resistencia a la compresión, pero disminuye las demás propiedades.
- Dimensiones de las piezas de madera: para aumentar la resistencia a una carga, es necesario aumentar las dimensiones de la pieza de madera.
- Otros factores externos como: especie, duración de la carga, condiciones climáticas, incidencia de rayos ultravioleta (degrada la celulosa), degradación por ataque de agentes como termitas, hongos, etc.

En el siguiente cuadro se presentan ejemplos de propiedades mecánicas de diferentes especies.

Cuadro 9. Comparación de las propiedades mecánicas en condición seca (12% de contenido de humedad) de la madera de 10 especies estudiadas provenientes de plantaciones de Costa Rica.

Propiedad de la madera		<i>Acacia mangium</i>	<i>Alnus acuminata</i>	<i>Bombacopsis quinata</i>	<i>Cupressus lusitánica</i>	<i>Gmelina arborea</i>	<i>Swietenia macrophylla</i>	<i>Tectona grandis</i>	<i>Terminalia amazonia</i>	<i>Terminalia oblonga</i>	<i>Vochysia guatemalensis</i>
Compresión	//	290	340	87	143	318	480	425	179	375	213
	⊥	156	240	107	241	-	472	396	223	353	145
Tensión ⊥ (kg/cm ²)	Tangencial	40	30	18	16	-	30	22	23	27	21
	Radial	26	28	10	14	-	26	21	17	28	16
Tensión (kg/cm ²)	//	677	897	430	522	447	746	912	567	651	394
Flexión estática (kg/cm ²)	MOR	519	784	358	576	503	897	951	746	723	404
	MOE x 10 ³	77	123	55	71	83	94	131	119	81	64
Cortante paralelo a la fibra (kg/cm ²)	Tangencial	91	99	53	101	63	87	71	94	84	69
	Radial	79	96	47	94	68	79	62	75	76	63
Clivaje (kg/cm ²)	Tangencial	9	5	3	2	-	7	4	4	7	8
	Radial	6	5	3	3	-	5	3	4	7	7
Dureza janka (kg)	Axial	147	398	157	298	285	296	490	384	280	184
	Lateral	191	290	100	187	271	318	488	225	338	103
Extracción de clavos (kg)	Axial	24	23	17	37	-	35	30	44	48	19
	Lateral	19	31	20	48	-	37	35	58	39	20

Leyenda: // = paralelo a las fibras, ⊥ = perpendicular a las fibra

PROCESOS PRODUCTIVOS.

1. Aserrío.

El proceso de aserrío es la transformación de la troza en un producto con dimensiones de ancho, espesor y largo (Figura 9) con la ayuda de sierras manuales o mecánicas.

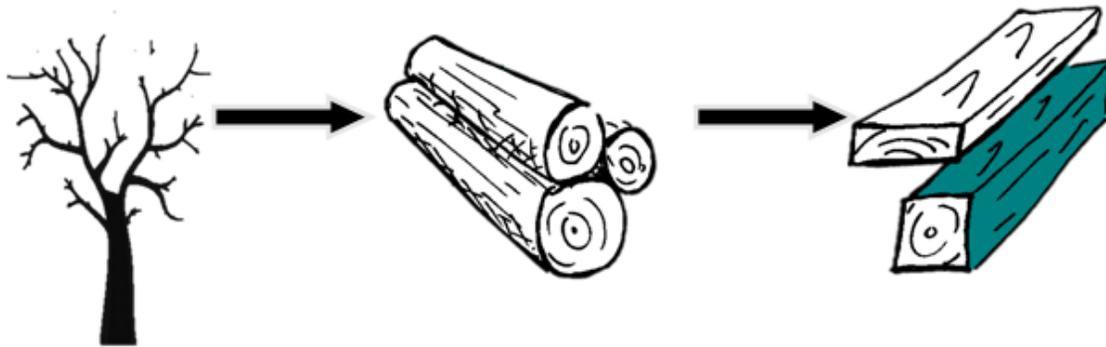


Figura 9. Esquema básico de aserrío de trozas.

La eficiencia y planificación con que se realice el proceso de aserrío es determinante en el rendimiento final de la troza y por lo tanto en la rentabilidad del proceso de producción. La cantidad y calidad de madera está relacionado con un buen proceso de aserrío, con los patrones de corte correctos, utilizando el equipo correcto con las herramientas y la calibración adecuada de los aserraderos (ver también el Módulo de Producción).

El primer aspecto a considerar es el relacionado con el control de calidad de ingreso de la troza (ver Módulo de Calidad).

Partiendo del supuesto que se cuenta con la calidad de troza adecuada y la especie con las características correctas para el producto que se desea fabricar, se debe proceder a establecer el patrón de corte más adecuado para la troza antes de iniciar el procesamiento de la misma. Esto significa que cada producto por lo general tiene un grueso de troza óptima.

La debida planificación y la eficiencia con que se ejecute el proceso de aserrío es determinante para aumentar el rendimiento final de la troza.

1.1 Patrón de corte

En este esquema se representan las distintas piezas de madera que van a ser aserradas en la troza, considerando los espesores de corte dados por las máquinas que se utilizan en el aserrío y el producto que se desea obtener.

Es importante resaltar que el establecer patrones de corte con medidas de tabla de bajo espesor (por ejemplo tablas de ½ pulgada de espesor) produce una mayor cantidad de corte dando como resultado bajo rendimiento. Por el contrario, al utilizar espesores gruesos se obtiene un mejor rendimiento de la troza.

Para establecer el patrón de corte se debe considerar el diámetro de la troza e incluso la forma de las trozas. Las siguientes Figuras (10 y 11) muestran diferentes patrones de corte utilizados en las trozas provenientes de bosque natural (diámetros mayores) y para las trozas provenientes de plantaciones (diámetros menores).

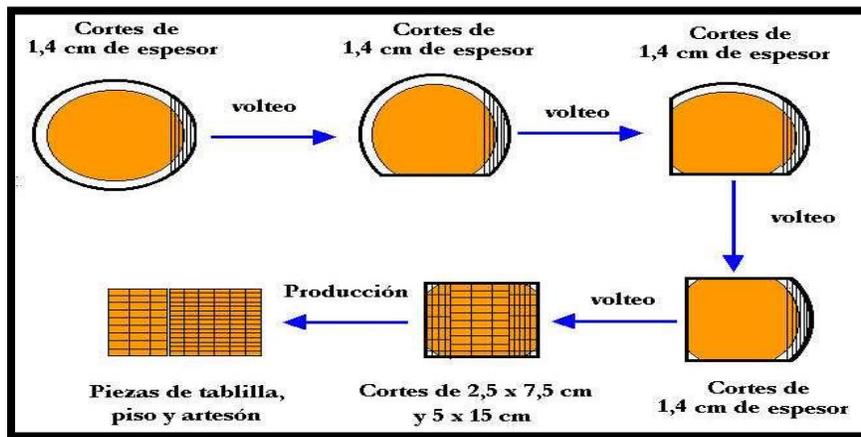


Figura 10. Patrones de corte para trozas de Bosque Natural.

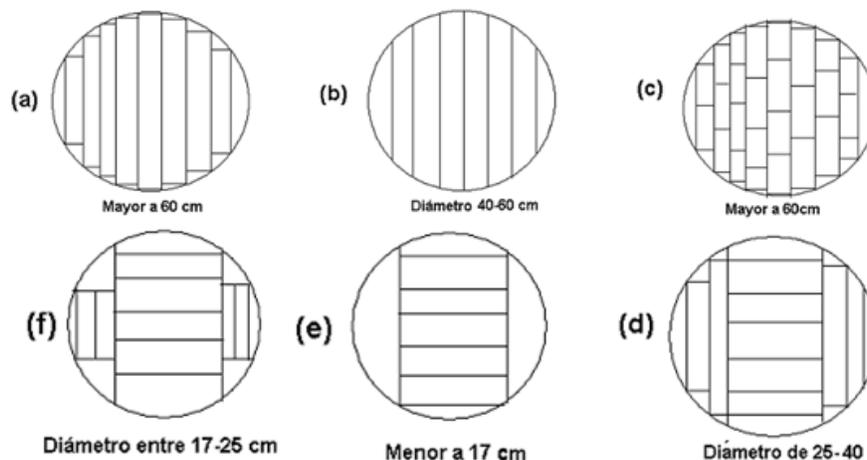


Figura 11. Patrones de corte para tozas provenientes de Plantaciones.

1.2 Operaciones básicas

En el proceso de aserrío se presentan varios tipos de operaciones, entre las que se destacan:

- Aserrío primario: en este proceso se obtiene de las trozas, bloques o semi-bloques que posteriormente serán reaserrados (Figura 12).



Figura 12. Aserrío Primario.

Foto: Rafael Serrano

- Aserrío secundario: en este proceso se cortan los bloques o en algunos casos se corta madera aserrada seca y se obtienen tablas listas para comercializar (Figura 13).



Figura 13. Bloques y tablas obtenidos del proceso de aserrío secundario.

Foto: Róger Moya

Además, entre las anteriores operaciones básicas en el aserrío, se presentan otras que son detalladas a continuación en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Operaciones básicas en aserrío.

Operación	Esquema
Aserrío Primario	
Reaserrío	
Reaserrío de costillas	
Recanteado	
Despuntado de tablas	

En el proceso de aserrado y corte de la madera se persiguen cinco metas fundamentales:

- Obtener calidad de superficies y precisión de cortes, esto significa tablas de menor cantidad de nudos o reventaduras y anchos o espesores uniformes.
- Obtener eficiencia en la operación: aserrar en el menor tiempo posible.
- Limitar el desgaste de herramientas: mantener el filo con adecuado corte el mayor tiempo posible.
- Limitar el consumo de energía: al tener menor tiempo, el consumo eléctrico es bajo.
- Limitar la pérdida de materia prima: un buen mantenimiento de la máquina y del filo permite no desperdiciar madera.

Existen varios elementos claves para alcanzar estas metas pero se destacan los siguientes:

- Como se indicó, contar con el patrón de corte adecuado.
- Partir de una troza de buena calidad.
- Contar con el equipo adecuado (un aserradero de banda funciona para trozas de diámetro mayor, pero no necesariamente es el mejor equipo para una troza que provenga de plantación). Más adelante en este módulo se profundiza un poco más en el tema.

- Contar con sierras correctamente afiladas, tensionadas, con el ancho de corte correcto y del material correcto.
- Equipos bien mantenidos (aserraderos con sus volantes torneados, carros bien alineados, etc.).
- Llevar un control de rendimiento de la troza, a fin de poder determinar cuánta madera estamos obteniendo del proceso y si este rendimiento está acorde con lo esperado. Caso contrario, revisar y tomar las acciones pertinentes.

1.3 Máquinas para aserrío.

a. Aserraderos

Existen dos tipos de aserradero: fijos y móviles.

- Instalaciones fijas: tienen una ubicación permanente y por lo tanto, todos sus elementos responden a esa idea. El ciclo puede ser completo, pudiendo obtener hasta el producto final en estas instalaciones (Figura 14).



Figura 14. Aserradero fijo.

Foto: Róger Moya

- Instalaciones móviles: las instalaciones móviles pueden desplazarse hasta las mismas fuentes de abastecimiento de materia prima (plantaciones forestales). Sus productos elaborados suelen ser por lo general tablones, tablas o vigas en bruto. Es muy común que este tipo de aserraderos necesiten de procesos de reaserrío, pero se realizan en las instalaciones permanentes. Uno de los beneficios de este tipo de aserradero es que los desperdicios quedan en el mismo lugar donde se realiza la operación, reduciendo costos de transporte y bajando los costos de disposición de desechos (Figura 15).



Figura 15. Aserradero móvil o portátil.
Foto: Róger Moya

En el siguiente cuadro, se presentan algunas ventajas y desventajas de estos dos tipos de aserradero.

Cuadro 11. Ventajas y desventajas de aserradero fijo y portátil.

Tipo de Aserradero	Ventajas	Desventajas
Fijo	<ul style="list-style-type: none"> • Maquinaria de alta potencia. • Se puede instalar cerca de servicios básicos. • Se puede acceder a mano de obra especializada. • Más precisión 	<ul style="list-style-type: none"> • Pueden ser absorbidos rápidamente por la ciudad. • Menos Flexibles.
Portátil	<ul style="list-style-type: none"> • Mano de obra no especializada. • Se transporta solamente el producto de interés. • Sirve para sitios de poca accesibilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja producción. • Muy afectado por las condiciones climáticas. • En caso de complicaciones o averías, la solución toma mayor tiempo debido a la lejanía en la que la mayoría de veces se encuentran estos aserraderos.

b. Otros equipos utilizados en el proceso de aserrío

En el Cuadro 12 se listan las máquinas para aserrío con su respectivo esquema y función. Además del patrón de corte que cada una realiza de las maquinas.

Cuadro 12. Funciones de máquinas para aserrío

Nombre de la máquina	Función	Patrón de corte
Sierra cinta o sierra tradicional	Generar tablas, bloques y costillas. Diámetros grandes mayores a 40 cm. Presentan alto rendimiento sin embargo, procesa bajos volúmenes de madera.	
Sierra cinta circular	Generar tablas, bloques y costillas. Diámetros grandes mayores a 40 cm. Alta producción, alto volumen procesado	
Sierra cinta circular tipo Top Saw	Generar tablas, bloques y costillas, diámetros medios, entre 25 y 35cm	
Sierra circular doble	Generar bloques y costillas en diámetros de 22 – 30cm	
Sierra doble de cadena de motosierra	Generar bloques y costillas en diámetros menores a 22cm	
Sierra alternativa	Generar tablas, bloques y costillas. Diámetro grandes entre 40-60 cm. Utilizada principalmente en madera para mueblería.	
Sierra múltiple	Generar tablas y reaserríos de bloques. Se utiliza cuando se tiene un volumen de producción superior a 20 m ³ .	
Recanteadora de costillas	Generar bloques de 3 caras planas. Se aserran costillas con ancho mayor a 10 cm.	

Reaserradora de costillas	Generar tablas con orillas, con espesor mayor de 2,5 cm.	
Recanteadora de tabla en un solo lado	Eliminar las orillas de tablas con corteza.	
Recanteadora de tabla en dos lados	Eliminar las orillas de las tablas con corteza.	
Despuntadora	Dar largos	

c. Dimensiones mínimas de aserrío.

No existen parámetros para establecer las dimensiones mínimas que una troza debe tener para ser aserrada, pero en aserrío se necesita un diámetro mínimo de 10-12 cm (sin corteza) y largo de 1,2 m. Sin embargo todos los aserraderos tienen un rango de diámetros para trabajo óptimo.

d. Aserrío de trozas de plantación vrs trozas de bosque natural.

Las trozas de diámetros mayores (mayor a 50 cm) por lo general provienen de bosques naturales y las trozas de diámetros menores son provenientes de plantaciones forestales.

En el siguiente cuadro (Cuadro 13) se muestra la comparación de las características entre la madera de bosque natural y la madera de plantaciones.

Cuadro 13. Comparación entre madera de bosque natural y madera de plantación.

Madera de Bosque Natural	Madera de Plantación
Mayores diámetros	Menores diámetros
Mayor proporción de duramen	Mayor proporción de albura
Mejores propiedades mecánicas	Menores propiedades mecánicas
Mayor volumen de madera	Menor volumen de madera
Se procesa menor cantidad de trozas	Se procesa mayor número de trozas
Aserraderos estacionarios	Aserraderos móviles y/o estacionarios
Variedad de especies	Menor variedad de especies
Precios altos (maderas preciosas)	Precios más accesibles
Cada vez menor disponibilidad	Disponibilidad

2. Secado

2.1 Importancia del secado en la industrialización de la madera

El secado es el proceso en el cual se elimina el exceso del agua de la madera recién aserrada para mejorar su transporte, su procesamiento y su comportamiento durante el uso.

El secado industrial es importante ya que minimiza los cambios por contenido de humedad, lo que provoca estabilización en la forma y dimensión de las piezas de madera, aumenta la resistencia mecánica, facilita los procesos de acabado y encolado, mejora las propiedades de aislante térmico, acústico, y eléctrico que tiene la madera como material, reduce el peso de la madera significativamente y aumenta su resistencia a la pudrición.

Para el proceso de secado es importante conocer los siguientes términos.

- Temperatura de bulbo seco: Se refiere a la temperatura del aire y se mide con un termómetro común.
- Temperatura de bulbo húmedo: Es la temperatura a la cual se evapora el agua y se mide por medio de un termómetro que tiene un indicador de temperatura envuelto en una tela humedecida, este tipo de temperatura es menor a la temperatura de bulbo seco.
- Depresión de bulbo húmedo: Es el resultado de restar la temperatura de bulbo seco menos la temperatura del bulbo húmedo.
- Humedad relativa: representa la capacidad que tiene el área de absorber humedad, baja humedad relativa mejora el secado y alta humedad relativa disminuye el secado de la madera.
- Contenido de humedad equilibrio: La madera es un material que a pesar de ser secada siempre va a tener cierta cantidad de agua. El contenido de humedad en equilibrio, se obtiene, cuando la madera que ha pasado por el proceso de secado, entra en equilibrio con las condiciones de temperatura y humedad relativa del lugar donde se encuentra.

En la siguiente figura se representan los términos anteriores.

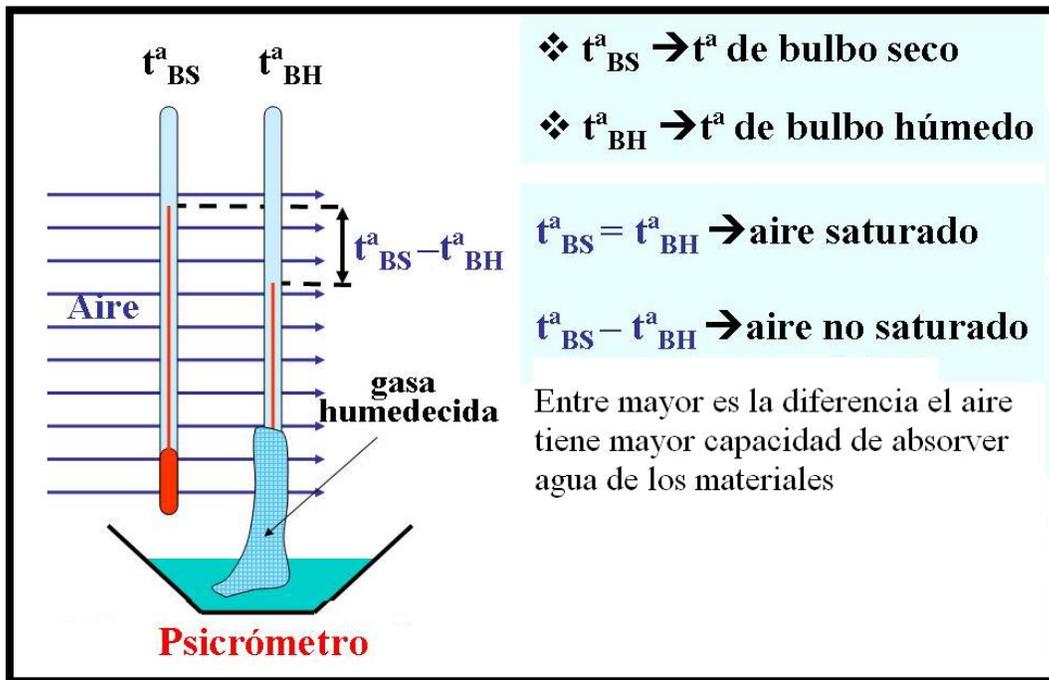


Figura 16. Esquema de evaporación del agua.

2.2 Tipos de secado:

a. Secado al aire:

Consiste en exponer la madera a la acción de la temperatura, la humedad relativa (HR) y el aire del sitio de secado (Figura 17). Por este método, no es posible alcanzar contenidos de humedad menor a 14%. Este método es muy utilizado en los talleres de muebles y algunos depósitos. En aserraderos es utilizado como un pre-secado antes del secado convencional. Es importante recalcar, tal como se discutió ampliamente en los apartados anteriores de este manual, que la utilización de madera secada al aire sin que haya un posterior secado en cámaras puede causar problemas de calidad con los productos que se manufacturen con dicha madera, ya que esta será más propensa a variaciones dimensionales y a pandeos, rajaduras, etc. Se recomienda que toda madera que se vaya a utilizar para productos finales, especialmente productos con ensambles de múltiples partes o a utilizar en aplicaciones cotidianas, sea secada al horno, para evitar los problemas de reclamos posteriores por parte de los clientes.



Figura 17. Pila de secado al aire.
Foto: Róger Moya

b. Secado convencional o artificial (en hornos):

En este tipo de secado las condiciones de temperatura se mantienen bajo control, así como la humedad relativa y la circulación del aire dentro de una cámara (Figura 18). Estas condiciones son modificadas de acuerdo a programas preestablecidos según la especie y dimensiones de la madera en proceso.



Figura 18. Secado convencional de madera.
Foto: Roger Moya

2.3 Programas de secado

Es la secuencia temperatura, humedad relativa y velocidad de circulación de aire a utilizar durante el secado artificial y generalmente son utilizados hornos convencionales. El programa de secado se compone de las siguientes etapas:

- Etapa preparatoria o de calefacción: se suministra calor y humedad a la madera y se tiene como objetivo: alcanzar condiciones de temperatura y humedad relativa del aire dentro de la cámara de secado y en la madera a secar.
- Etapa de secado: es la etapa más larga del proceso y consta de disminuir el contenido de humedad inicial de la madera, hasta el contenido de humedad final deseada, de forma homogénea, en un tiempo mínimo, y con la menor cantidad de defectos.
- Etapa de post-secado: se busca homogenizar el contenido de humedad en todas las piezas, reducir o eliminar las tensiones de secado y por último, enfriar la madera dentro de la cámara.

A continuación se muestra el ejemplo de un programa de secado.

Cuadro 14. Ejemplo “Programa de Secado”

Etapa	Temperatura bulbo seco (°C)	Temperatura de bulbo húmedo (°C)	Contenido de Humedad en Equilibrio (%)	Humedad Relativa (%)
Calefacción	49	47	19	91
Secado	49	46,5	17,6	88
	49	46,0	16,3	85
	49	41,0	9,9	62
	60	32,0	2,9	15
	82	54,5	3,5	26
Igualación	82	69	10	73
Acondicionamiento	82	64	13,5	88

Fuente: Programa T6-D2 establecido por Sydney *et al.* (1988).

2.4 Factores que afectan el secado.

- Condiciones ambientales: solamente afectan el secado al aire y los factores que más influyen son: temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, se espera que sitios con altas temperaturas, como Guanacaste, bajas humedades relativas y muy ventiladas, disminuyan el tiempo de secado de la madera.
- Efecto de espesor: la velocidad del secado depende o es afectada por el espesor de la madera. Las piezas de menor espesor se secan primero y por el contrario las piezas de mayor espesor tardan más.

- Humedad inicial de la madera. Por lo general aquellas maderas con alta humedad tardan más tiempo en secar.

En el siguiente cuadro se muestra la humedad inicial de algunas especies de plantación.

Cuadro 15. Humedad inicial de algunas especies de plantación.

Especie	Contenido de humedad inicial (%)	Tiempo secado	Baja Humedad Inicial	Media Humedad Inicial	Alta Humedad Inicial
<i>Acacia mangium</i> (Acacia)	131	376		X	
<i>Alnus acuminata</i> (Jaúl)	76	52	X		
<i>Bombacopsis quinata</i> (Pochote)	182	143			X
<i>Cupressus lusitanica</i> (Ciprés)	92	274	X		
<i>Diperyx panamensis</i> (Almendro)	53	236	X		
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Guanacaste)	176	423			X
<i>Gmelina arborea</i> (Melina)	170	278			X
<i>Hieronyma alchorneoides</i> (Pilón)	111	216		X	
<i>Samanea saman</i> (Cenízaro)	96	237		X	
<i>Swietenia macrophylla</i> (Caoba)	42	147	X		
<i>Tectona grandis</i> (Teca)	67	183	X		
<i>Terminalia amazonia</i> (Amarillón)	53	159			X
<i>Terminalia oblonga</i> (Surá)	106	237		X	
<i>Vochysia guatemalensis</i> (Cebo)	177	203			X
<i>Vochysia ferruginea</i> (Botarrama)	183	310			X

- Tiempo de secado: varía con las condiciones ambientales del lugar y según las especies a secar y sus dimensiones. En época lluviosa el secado al aire es difícil y en época seca es más fácil secar. El tiempo de secado al aire puede variar desde días a meses y el secado convencional de 50 a 400 horas. En maderas de plantación para un espesor de 2,5 cm los tiempos de secado son detallados en el siguiente cuadro (Cuadro 16).

Cuadro 16. Comparación del tiempo de secado para maderas de plantación con un espesor de 2,5 cm, según método de secado.

Especie	Tiempo de Secado al Aire (días)	Tiempo de secado al Horno (horas)
<i>Acacia mangium</i> (Acacia)	30	376
<i>Alnus acuminata</i> (Jaúl)	30	52
<i>Bombacopsis quinata</i> (Pochote)	13	143
<i>Cupressus lusitanica</i> (Ciprés)	32	274
<i>Gmelina arborea</i> (Melina)	145	278
<i>Swietenia macrophylla</i> (Caoba)	31	147
<i>Tectona grandis</i> (Teca)	14	183
<i>Terminalia amazonia</i> (Amarillón)	13	159
<i>Terminalia oblonga</i> (Surá)	35	237
<i>Vochysia guatemalensis</i> (Cebo)	31	203

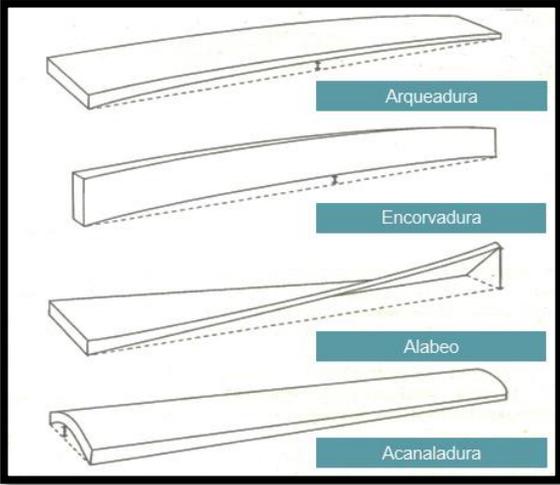
2.5 Defectos de secado

Son deformaciones, grietas o reventaduras que sufre la madera aserrada durante el secado. Estos defectos por lo general aparecen cuando el secado de la madera se encuentra cerca del 30%. Es frecuente que se desarrollen cuando se utilizan temperaturas elevadas y/o bajas humedades relativas, o altas velocidades de circulación del aire.

Algunos defectos producidos son:

Cuadro 17. Defectos producidos durante el secado.

Endurecimiento superficial: se produce al aplicar alta temperatura al inicio del proceso de secado y se reconoce porque la madera se percibe endurecida.	
Reventaduras: por lo general se presentan por lo extremos y pueden alcanzar varios centímetros a lo largo de la tabla.	 <p>Foto Róger Moya</p>

<p>Grietas: Se pueden presentar por los extremos, en las caras de las piezas o bien en algunos casos se presentan en la parte interna. En este defecto ocurre una separación de los las fibras y no alcanzan mucha profundidad.</p>	 <p>Foto Róger Moya</p>
<p>Torceduras o Pandeos: Las torceduras se dan principalmente por un apilado incorrecto en la cámara de secado y son deformación de la pieza de madera. Varios tipos de torceduras pueden presentarse: acanaladura, arqueadura, encorvadura y alabeo.</p>	

2.6 Recomendaciones para un buen secado

- Primeramente es importante resaltar que durante el secado es posible que se endurezca la parte superficial de la pieza de madera en las primeras etapas del secado, por lo que el agua interna queda atrapada dentro de la pieza de madera y esto es conocido popularmente como bolsas de humedad. Esto generalmente se produce por utilizar altas temperaturas y bajas humedad relativa dentro de la cámara de secado, por lo que para evitar es recomendable utilizar temperaturas más bajas y humedad relativa más alta de los que se está utilizando.
- Escoger un buen programa de secado o apropiado para la especie.
- Secar una sola especie y no tratar de mezclar especies.
- Evitar fugas en las cámaras de secado.
- Usar controles de temperatura y humedad apropiados y calibrados.

- Usar separadores de 2,5 cm (1 pulgada) para madera sobre 1,5 pulgadas de espesor y separador de 19 mm (3/4) para madera de 1,5 pulgadas, alineados correctamente.

3. Preservación.

3.1 Importancia de la preservación.

La protección de la madera reduce el riesgo del ataque de insectos, hongos, agentes climáticos, por lo que el material es más duradero y eficaz, es decir, aumenta su vida útil. En caso de no proteger adecuadamente la madera, esta puede sufrir: cambios de color, presencia de líneas de pudrición, contracciones anormales, quebramiento, presencia física de hongos, suavidad (ablandamiento), pérdidas del material, alteraciones drásticas en dimensiones, afectación de propiedades físicas y mecánicas, decrecimiento en volumen, decrecimiento de la resistencia.

La poca protección de la madera provoca en general grandes pérdidas económicas a los productores y comerciantes de madera, ya que la madera que fue colocada y fue poco protegida por lo general produce que muchas veces el usuario busque otros materiales para sustituir disminuyendo el mercado de la madera.

La madera, al ser un material de naturaleza biológica, es susceptible al deterioro, conocido popularmente como degradación o pudrición, con el paso del tiempo.

3.2 Degradación de la madera.

La degradación de la madera ocurre debido a diferentes agentes de deterioro y son mostrados esquemáticamente en la Figura 19.

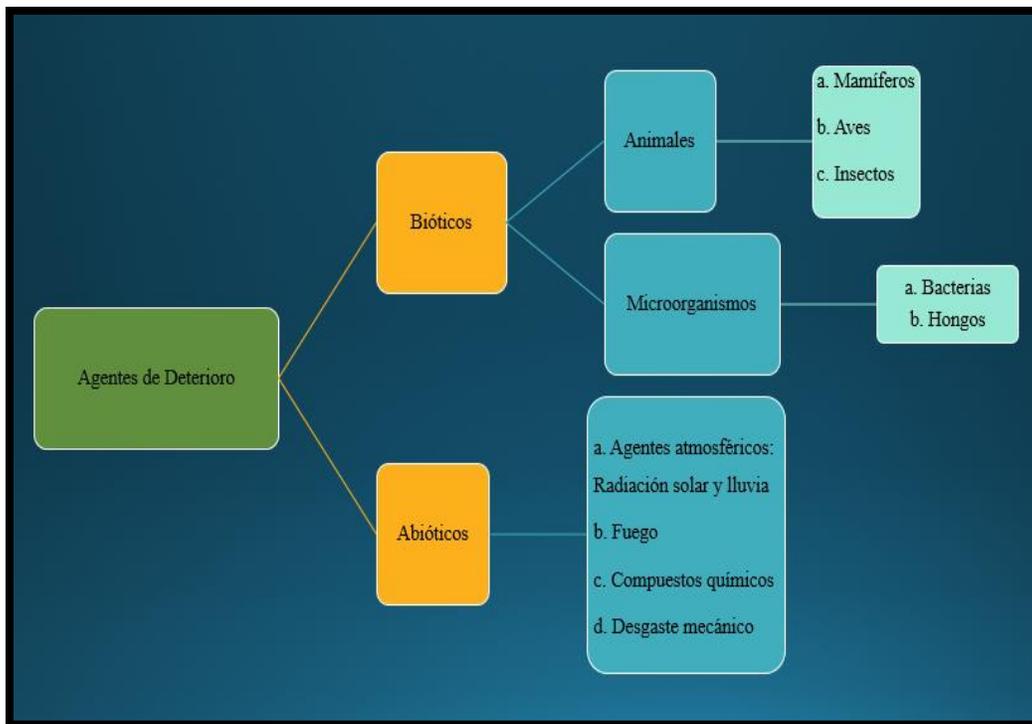


Figura 19. Agentes de deterioro de la madera.

a. Tipos de degradación de la madera:

En la Figura 20, se muestran dos tipos de degradación de la madera.

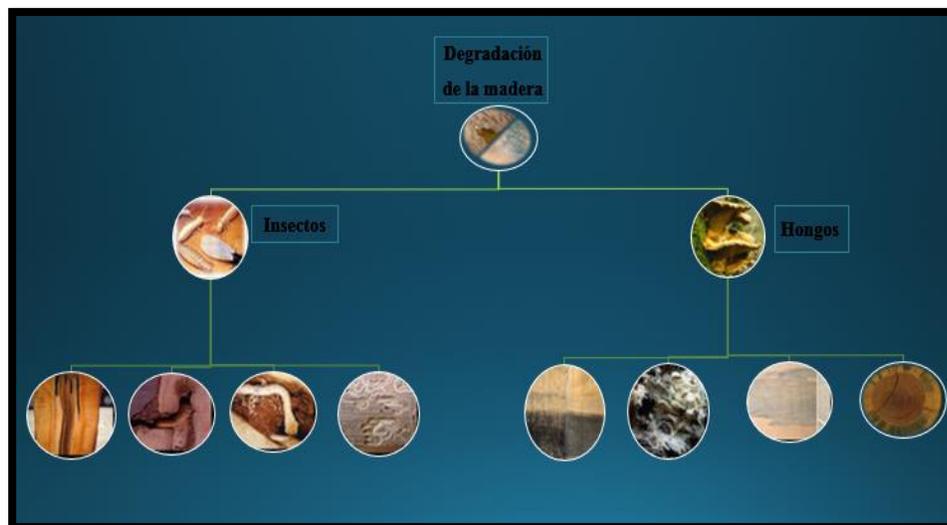


Figura 20. Agentes de degradación de la madera.

Fuente: María Rodríguez

- Insectos: Los insectos pueden producir túneles (galerías), picaduras (orificios) y manchas; además las larvas, producen laberintos en el interior de la madera; en general estos animales atacan desde muebles, productos para construcción, y trozas de madera, hasta árboles en pie.
- Hongos: Producen manchas y pudriciones en la madera y sus efectos más críticos son el cambio en la calidad estética y pérdida de resistencia de la madera. En el Cuadro 18 se muestra la comparación entre hongos manchadores y hongos de pudrición.

Cuadro 18. Comparación entre hongos manchadores y hongos de pudrición.

Hongos manchadores	Hongos de pudrición
<ul style="list-style-type: none">• Crecimiento rápido.• Colonización superficial de la albura.• Consumen azúcares, almidón y grasas.• No degradan la madera.	<ul style="list-style-type: none">• Crecimiento lento.• Colonizan la albura y el duramen.• Consumen los componentes estructurales de la madera.• Degradan la madera.
	 <p>Pudrición Blanca Pudrición Café</p>

b. Durabilidad natural de la madera

Es la capacidad natural que tiene la madera para resistir al ataque de hongos, insectos, desgaste mecánico, fuego o acción de los agentes atmosféricos.

La albura y el duramen son factores que influyen en la durabilidad de la madera.

- Albura: Aquí se encuentran sustancias como azúcares y almidones que sirven de alimento para los hongos e insectos que la atacan.
- Duramen: Tiene sustancias como: aceites esenciales, resinas, taninos, gomas y otras, de alta toxicidad, que impiden el desarrollo de organismos de degradación.

En general, la parte interna del duramen (cerca de la médula) es menos durable que la externa. La zona más baja del tronco es más durable que la parte más alta y se establece que las maderas más oscuras son las más durables. Para madera de plantaciones se establece que: las maderas blancas (melina, cebo y jaúl) son menos durables que las maderas con duramen (teca y acacia).

Para mantener la durabilidad natural de la madera es necesario protegerla del agua, la luz y lluvia. En el siguiente cuadro (Cuadro 19) se muestran maderas de alta, media y baja durabilidad.

Cuadro 19. Algunas especies clasificadas según su durabilidad.

Maderas poco durables.	Maderas de durabilidad media.	Madera durables.
Balsa (<i>Ochroma pyramidale</i>) Jaúl (<i>Alnus acuminata</i>) Cebo (<i>Vochysia guatemalensis</i>) Botarra (<i>Vochysia ferruginea</i>)	Melina (<i>Gmelina arborea</i>) Ciprés (<i>Cupressus lusitánica</i>) Pochote (<i>Bombacopsis quinata</i>) Laurel (<i>Cordia alliodora</i>) Acacia (<i>Acacia mangium</i>) Pino (<i>Pinus</i> sp.) Eucalipto (<i>Eucalyptus</i> sp.)	Manú (<i>Minquartia guaianensis</i>) Roble (<i>Quercus</i> sp) Guayacán real, (<i>Guaiacum sanctum</i>) Surá (<i>Terminalia oblonga</i>) Caoba (<i>Swietenia macropylla</i>) Cedro (<i>Cedrela</i> sp.) Teca (<i>Tectona grandis</i>) Almendro (<i>Dipteryx panamensis</i>)

3.3 Métodos de preservación.

Para proteger la madera del ataque de hongos o evitar el deterioro es necesario acudir a algunos de los siguientes métodos:

- Manejo de humedad, oxígeno y temperatura donde la madera será utilizada.
- Mantener la madera seca de preferencia en un sitio de baja humedad o no esté en contacto con el agua.
- Aplicar algún tipo de sustancia para proteger la madera, que es comúnmente llamado preservante, en donde a la madera se impregna con alguna sustancia química. Estos preservantes son a base de boro, cromo y cobre, en Costa Rica se encuentran comercialmente con los nombres de xiloboro y xilocromo.

En Costa Rica la madera que se comercializa es preservada bajo dos métodos: Vacío-presión y difusión.

a. Vacío-presión:

En este método se utiliza un preservante, compuesto por sales y agua. La madera se coloca en un tanque de acero hermético (Figura 21), al cual se le aplica un vacío y se le introduce el preservante hasta llenar el tanque completamente, luego se le aplica presión al tanque para que el líquido ingrese dentro de la madera. Se ha comprobado que este método es muy efectivo solamente en piezas que contengan madera de albura (como la melina) porque el duramen es menos susceptible a este tipo de preservación (Anexo 1).



Figura 21. Tanque de acero donde se aplica el método de preservación vacío-presión.
Foto: Róger Moya

Características de la madera preservada con método vacío-presión:

La madera preservada con este método puede ser utilizada en exteriores y en interiores, ya que el preservante se fija en la madera y no se lava con el agua y dependiendo de su uso, puede alcanzar una durabilidad mayor a los 20 años. Pero en general se utiliza para un uso exterior.

Otra característica importante es que su color es verdusco, lo que hace fácil de reconocer si la madera está o no preservada (Figura 22).

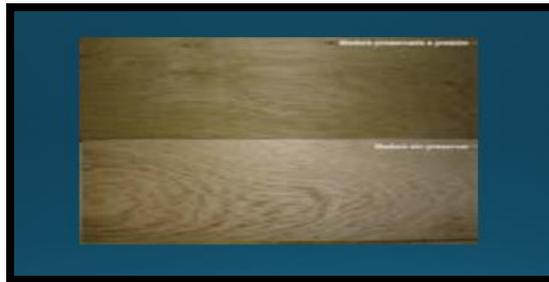


Figura 22. Madera preservada con tratamiento de vacío-presión.
Foto: Róger Moya

Para garantizar si esta madera esta preservada se debe evaluar el grado de protección considerando los siguientes parámetros:

- a. Penetración: Es la profundidad en centímetros que alcanza el preservante en la madera tratada. Para realizar esta prueba se debe cortar el poste de madera en forma transversal y rociar una sustancia indicadora que evidencia la penetración del preservante mediante un cambio de color (Figura 23).

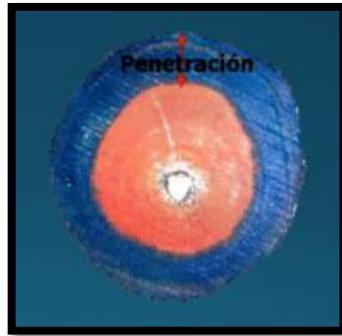


Figura 23. Penetración de preservante en madera de Melina.

Foto: Róger Moya

- b. Retención: Se refiere a la cantidad de óxidos del preservante que ha quedado en la madera después del tratamiento.

Absorción: Es la cantidad total de preservante que queda en la madera después de la impregnación.

b. Difusión:

Este método consiste en sumergir la madera en una solución de sales de boro en agua saturada por pocos minutos (entre 1 y 3 minutos). Luego la madera se cubre con algún material impermeable como un plástico y se almacena por algún tiempo (de 3 a 4 semanas dependiendo del espesor de la madera) para que el preservante difunda completamente toda la pieza. Una condición para aplicar esta preservación es que la madera se encuentre completamente húmeda o recién aserrada (Anexo 2).

Características de la madera preservada con método difusión:

La ventaja que tiene la difusión para preservar es que la madera mantiene su color natural.

La madera puede ser utilizada en interiores o en exteriores pero debe estar cubierta y no estar en contacto con el suelo, ya que se recomienda evitar el contacto con el agua.

Las industrias pueden preservar su madera aserrada, sumergiéndola en un recipiente que contenga preservante (Figura 24).

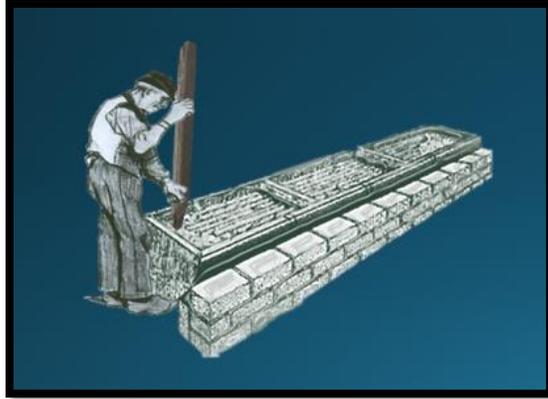


Figura 24. Canoa de inmersión.
Foto: JUNAC 1980

PROCESAMIENTO SECUNDARIO Y TRABAJABILIDAD DE LA MADERA

Se presenta a continuación una muy breve descripción de algunos de los procesos más comunes en la industria de la madera. Entendiendo que son operaciones comunes ampliamente conocidas, se da énfasis en este apartado al aspecto de la trabajabilidad, es decir, cómo las diferentes propiedades y características que se han descrito en este manual, afectan cada uno de los procesos.

Muchos defectos y problemas durante los procesos productivos son producto de las características mismas de la madera. Quién no ha tenido que lidiar con un problema de grano arrancado en el cepillado o el moldurado de una pieza? O de fallas en la línea de cola? O de astillado en una operación de torneado?

El objetivo de las siguientes páginas es dar elementos de valor a considerar en los procesos de mejora de operaciones desde el punto de vista del manejo adecuado de la madera en cada una de las etapas productivas.

Cuadro 20. Operaciones en la madera.

<p>Cepillado: Esta operación es de gran importancia y consiste en obtener una superficie plana y de buena calidad después del aserrío. La madera con mala calidad en el cepillado tendrá poca aceptación en el mercado.</p>	 <p><i>Róger A Moya Roque</i></p>
--	---

<p>Lijado: Es la operación necesaria para dar acabado final a una superficie y consiste en eliminar las superficies bruscas producidas después del cepillado, por medio de lijas.</p>	
<p>Taladrado: Se utiliza una broca para madera y consiste en realizar un hueco de alta calidad tanto en la superficie de la pieza de madera como en la parte interna del hueco.</p>	
<p>Torneado: A través de esta operación se logra obtener una pieza de forma cilíndrica a partir de una pieza cuadrada; esto es importante para la fabricación de artículos de madera como pies de lámpara.</p>	
<p>Moldurado: Consiste en elaborar figuras en el borde de las tablas.</p>	

<p>Tallado: Esta operación consiste en realizar figuras en la madera utilizando una gubia y aplicando poco esfuerzo.</p>	
<p>Escopleado: Es la realización de un agujero o caja abierta y alargada, que sirve para unir una o más piezas de madera y se hace por medio de un taladro de mesa o una escopleadora.</p>	

1. Trabajabilidad de la madera

La trabajabilidad se refiere a la respuesta que presenta una madera con respecto al trabajo manual o la acción de herramientas manuales o eléctricas. Una madera posee buena trabajabilidad cuando responde bien al corte con sierra y al cepillado, lijado, taladrado, moldurado, escopleado, torneado, tallado, etc.

A continuación en el Cuadro 21 se presenta un resumen de las propiedades de trabajabilidad de 10 especies forestales plantadas en Costa Rica.

Cuadro 21. Comparación de la trabajabilidad de la madera de 10 especies estudiadas provenientes de plantación de Costa Rica.

Propiedad de madera	Parámetro	<i>Acacia mangium</i>	<i>Alnus acuminata</i>	<i>Bombapcosis quinata</i>	<i>Cupressus lusitánica</i>	<i>Gmelina arborea</i>	<i>Swietenia. macrophylla</i>	<i>Tectona grandis</i>	<i>Terminalia amazonia</i>	<i>Terminalia oblonga</i>	<i>Vochysia guatemalensis</i>
Cepillado	Clasificación	Buena calidad	Mediana calidad	Excelente calidad	Buena calidad	Buena calidad	Buena calidad	Mediana calidad	Buena calidad	Buena calidad	Mediana calidad
	Defectos	Grano velloso y arrancado	Grano velloso y arrancado	Grano velloso leve y suave	Leve grano velloso y arrancado	Grano rasgado y velloso	Leve grano velloso y arrancado	Grano velloso y arrancado	Leve grano velloso y arrancado	Leve grano velloso y arrancado	Grano velloso y arrancado
	Recomendación	Angulo de ataque=15º y velocidad de 6 m/min	Angulo de ataque=15º y velocidad de 6 m/min	Angulo de ataque de 15º y velocidad de 6 m/min	Angulo de ataque de 30º y velocidad de 6-20 m/min	Angulo de ataque de 30º y velocidad de 6-15 m/min	Angulo de ataque de 15º y velocidad de 20 m/min	Angulo de ataque de 10º y velocidad de 9-12 m/min	Angulo de ataque de 30º y velocidad de 20 m/min	Angulo de ataque de 30º y velocidad de 6 m/min	Angulo de ataque de 30º y velocidad de 20 m/min
Lijado	Clasificación	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil
	Presencia de defectos	Pocas marcas de lijas	Pocas marcas de lijas	Pocas marcas de lijas	Pocas marcas de lijas	Pocas marcas de lija	Pocas marcas de lijas	Pocas marcas de lijas	Pocas marcas de lijas	Pocas marcas de lijas	Pocas marcas de lijas
	Recomendación	Ligado normal	Ligado normal	Ligado normal	Ligado normal	Ligado normal	Ligado normal	Ligado normal	Ligado normal	Ligado normal	Ligado normal
Taladrado	Clasificación	Excelente calidad	Moderada calidad	Excelente calidad	Excelente calidad	Moderada calidad	Excelente calidad	Moderada calidad	Buena calidad	Buena calidad	Moderada calidad
	Presencia de defectos	Pocos defectos	Grano arrancado	Leve astillamiento	Leve astillamiento	Leve astillamiento	Pocos defectos	Leve astillamiento	Pocos defectos	Leve astillamiento	Grano arrancado

ANEXO 1

EJEMPLO DE PRESERVACIÓN UTILIZANDO EL MÉTODO VACIO – PRESIÓN

RESUMEN

Este método para preservar postes de melina, no superior a 15 cm de diámetro, utiliza una solución preservante, compuesta por sales de cobre, cromo y arsénico (CCA-C) y agua, y tiene el objetivo de introducir la solución preservante dentro de la madera utilizando un ciclo vacío-presión.

La madera debe colocarse en el tanque de acero hermético (tipo autoclave), al cual se le aplica un vacío inicial por 30 minutos, en este momento se introduce el preservante hasta que se llene el tanque completamente. Seguidamente, se debe aplicar una presión de 10,5 Kg/cm² (150 psi) y luego se retira la solución preservante y se vuelve a aplicar un vacío final por 10 minutos.

CONDICION INICIAL

Los postes de melina deben estar libre de corteza y a un contenido de humedad menor al 30%. Esta condición se logra mediante dos diferentes formas de secado: artificialmente al horno y en forma natural al aire.

En ensayos realizados con postes de melina de 9 cm de diámetro, se estableció que secos al aire alcanzan un contenido de humedad menor al 30% en 35 días (Figura 1) en Cartago, durante los meses de mayo a julio.

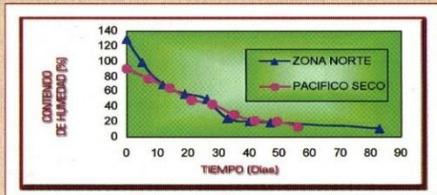


Figura 1. Curva de secado al aire para postes de melina de dos zonas de Costa Rica.

Por otro lado, en postes de 9 cm de diámetro, en un secado artificial en horno convencional llevado a cabo en la Industria Maderas Cultivadas S.A., se obtuvo un contenido de humedad menor a 7 % en 17 días, alcanzando el contenido de humedad requerido para preservar (30%) en 9 días a una profundidad 2,5 cm (Figura 2).

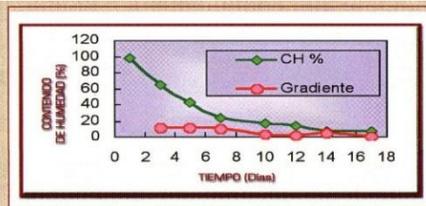


Figura 2. Curva de secado al horno para postes de melina de 9 cm.

CONDICIONES DE USO DE LA MADERA PRESERVADA

Los postes preservados con este método, pueden ser utilizados en exteriores, y desde luego en interiores, ya que el preservante se fija en la madera y no se lava con el agua, pudiendo alcanzar una durabilidad superior a los 20 años, dependiendo de su uso.

LIMITACIONES EN SU APLICACIÓN

Para muchas especies, incluyendo la melina, se ha comprobado que este método es muy efectivo, solamente en piezas que contengan madera de albura (Figura 3), mientras que el duramen no permite la introducción de sustancias preservantes.



Figura 3. Madera de albura y duramen en melina.

EQUIPO REQUERIDO

Para preservar madera por este método, se utilizó una planta de tratamiento que constó principalmente de las siguientes partes: cilindro de impregnación o autoclave, tanque de almacenamiento, tanque de mezcla, bomba de vacío, bomba de presión y bomba de trasiego.

PREPARACIÓN DEL PRESERVANTE

A. Definir el tipo de preservante: El preservante utilizado es vendido comercialmente como CCA-C y puede tener una concentración de un 50%,60% o 70% y está compuesto por sales de cobre (Funguicida), cromo (Fijador) y arsénico (Insecticida). Para este caso específico, se utilizó el preservante CCA-C 70.

B. Preparación de la solución preservante (CCA-C 70)

B.1. Establecer la retención y penetración deseada: Antes de preparar la solución preservante, se debe definir la retención requerida, de acuerdo a su uso. Por ejemplo la norma Chilena, (similar a las normas AWWPA), establece las siguientes condiciones de retención para diferentes usos.

Cuadro 1. Requisitos de retención según uso y riesgo esperado en servicio de la madera exigidos por norma chilena.

GRUPO	DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS	RETENCION (KG/M3)
1	Maderas sobre el nivel del suelo y en ambientes ventilados	Cerchas, vigas, revestimientos interiores y cielos, soleras superiores	3,5
2	Maderas en contacto con el suelo, en exteriores y ambientes mal ventilados	Solares inferiores, pisos de terrazas, baños y cocinas emvigado de pisos	4,8
3	Maderas enterradas y empotradas, con alto costo de reposición	Postes de transmisión, emvigados para minas durmientes y poyos	9,6
4	Maderas enterradas y soportes aéreos exteriores	Postes para cercas, cruquetas, empalizadas rodrgigones	6,5
5	Maderas expuestas a la acción de aguas dulces	Obras fluviales, muelles, embarcaciones, embalses y acueductos	9,6
6	Maderas expuestas a la acción de aguas marinas	Obras de contención, viveros marinos, muelles embarcaciones	13,5
7	Maderas para torres de enriamiento	Torres de enriamiento	13,5

Fuente: Norma chilena NCh.819 of 77(1992)

También existen normas que determinan los usos posibles de la madera, de acuerdo con los valores de la penetración obtenida, la cual está estrechamente relacionada a la retención de la madera. La efectividad del proceso de preservación depende de ambos parámetros, y de acuerdo a estos valores se justifican los usos que le demos a la madera (Cuadro 2).

Cuadro 2. Requisitos de penetración para madera según norma chilena.

TIPO DE PRODUCTO	Grado de durabilidad	Profundidad de penetración
MADERA REDONDA	Durables	Penetración completa de albura
	Moderadamente durables	Penetración completa de albura y una penetración mínima del duramen de 5 mm
	Poco durables	Penetración completa de albura y una profundidad mínima de penetración equivalente a 1/3 del radio
MADERA ASERRADA Y ELABORADA	Durables	Penetración completa de albura
	Moderadamente durables	Penetración completa de albura y una penetración del duramen de 5 mm en todas las caras como mínimo
	Poco durables	Penetración completa de albura y una penetración del duramen de 10 mm en todas las caras como mínimo

Fuente: Norma chilena NCh.819 of 77(1992)

B.2. Calcular la concentración deseada: En ensayos realizados en postes de melina, se encontró que la absorción en madera de albura, fue de 185,14 Kg/m³, esto permite calcular la concentración de la solución, una vez determinada la retención deseada, por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Concentración requerida} = \text{Retención (kg/m}^3) \cdot 0,5401$$

Por ejemplo si se necesita una retención de 5 Kg/m³ la concentración, de la disolución sería de 2,7%. La concentración es dada en peso seco del preservante entre volumen de la solución.

B.3. Preparación de la solución

Es necesario saber la cantidad de solución preservante a preparar, contemplando la capacidad del tanque y el volumen de madera a preservar. Según los estudios realizados, la melina presenta una absorción en promedio de 185,14 kg de disolución por m³ lo que el volumen sería:

$$\begin{aligned} \text{Volumen de disolución (litros)} = \\ 1100 \times \text{volumen del tanque (m}^3) - \\ 911 \times \text{volumen de madera a preservar (m}^3) \end{aligned}$$

CONTROL DE CALIDAD

Para este caso específico, la industria donde se realizó la preservación, garantiza una retención cercana a 5 Kg/m³. Una vez terminado el proceso de preservación se sugiere evaluar los 3 parámetros siguientes:

Penetración: es la profundidad en centímetros que penetró el preservante en sentido transversal. Para ello es necesario cortar transversalmente un poste, preferiblemente a una distancia de 50 cm de los extremos. En este corte transversal, se rocía con un aspersor, una sustancia indicadora llamada cromoazurol, la cual se preparó mezclando 0,5 gramos de cromoazurol S concentrado, con 5 gramos de acetato de sodio, esta mezcla sólida se disolvió en 80 mililitros de agua y posteriormente se llevó hasta un volumen de 100 mililitros. Esta solución, en presencia de cobre, se evidencia por un cambio de coloración, tornándose de color azul (Figura 4).

Figura 4. Madera preservada de melina preservada con CCA-C.



En pruebas llevadas a cabo en postes de melina, se obtuvo una penetración total de la albura (100%), lo que la clasificó como una madera durable según el cuadro 2.

Absorción: se entiende por la cantidad en peso de solución preservante, absorbida por el volumen de madera. Para establecer este valor, se debe tomar el volumen inicial y final en el tanque de almacenamiento, luego se tiene que:

$$\text{Absorción (Kgsolución)} = 1,080 \cdot \frac{(\text{Volúmen inicial (litros)} - \text{volúmen final (litros)})}{\text{Volúmen de madera preservada}}$$

Retención: es la cantidad de solución preservante seco o de óxidos activos por cada metro cúbico de madera y se calcula así:

$$\text{Retención (kg/m}^3) = \frac{\text{Absorción} \times \text{concentración}}{100}$$

En estudios llevados a cabo con postes de melina y utilizando concentraciones de 2,8%, para obtener una retención de 5 Kg/m³, solamente se obtuvo un promedio de 4,16 Kg/m³, un valor muy cercano a lo que se pretendía inicialmente. La penetración del preservante, fue de un 100% en albura y como se ha mencionado la absorción en promedio fue de 184,14 Kg/m³.

Recopilación: Ing. Laura Leandro Zufiga, Ing. Róger Moya Roque, Ing. Francisco Merga Romero.
Fotografías: Ing. Laura Leandro Zufiga. • Edición gráfica e impresión: D.G. Daniel Villavicencio Coto

Guía práctica No. 2

Preservación de postes de melina utilizando el método vacío-presión con Sales de CCA-C

PROYECTO FC-0011-200: Evaluación de las características y propiedades tecnológicas para la melina (*Gmelina arborea*) provenientes de plantaciones forestales.



CIIBI

Tels.: (506) 550-2433 • (506)550-2266

Fax: (506) 591-3315 • Correo Electrónico: rmoya @itcr.ac.cr



CAMARA COSTARRICENSE FORESTAL



ANEXO 2.

EJEMPLO DE PRESERVACIÓN UTILIZANDO EL MÉTODO VACIO – PRESIÓN

RESUMEN

Este método consiste en sumergir la madera por lo menos un minuto en una solución preservante compuesta por ácido bórico, borato de sodio (Bórax) y agua. Posteriormente a esto, se inicia un proceso de difusión en la que el boro penetra a lo largo y a lo ancho de la pieza de madera. Una vez retirada la madera del preservante, se cubre con algún material impermeable que impida la circulación de aire, por ejemplo plástico, y es almacenada por cierto período de tiempo para que el preservante difunda completamente en toda la pieza. La principal ventaja de este método es que la madera mantiene su color natural.

CONDICIÓN INICIAL

La condición necesaria para obtener excelentes resultados es que la madera se encuentra completamente húmeda o recién aserrada



Figura 1.
Condición de la madera en el momento de realizar la preservación.

CONDICIONES PARA EL USO DE LA MADERA PRESERVADA

La madera preservada debe ser utilizada exclusivamente para interiores o bien en exteriores bajo cubierta, debido a que el boro no se fija en la madera en presencia de agua por lo que se recomienda evitar el contacto con la lluvia.

PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN PRESERVANTE

La solución de preservante a utilizar debe tener una concentración del 12%, la cual está saturada y su preparación es la siguiente:

1. Determinar el volumen del tanque, por ejemplo cuando el tanque es tipo rectangular se miden sus tres dimensiones preferiblemente en metros, luego se calcula el volumen mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen del tanque (m}^3\text{)} = \text{largo (m)} \times \text{altura (m)} \times \text{ancho (m)}$$

Es necesario tener el volumen en Kilogramos para calcular las cantidades de sales necesarias:

$$\text{Volumen del tanque en Kg} = 1000 \times \text{Volumen del tanque en m}^3$$

2. La cantidades de sales en kilogramos se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Bórax} &= \text{Volumen del tanque en Kg} \times 0,036 \\ \text{Ácido bórico} &= \text{Volumen del tanque en Kg} \times 0,024 \end{aligned}$$

3. Estas dos sales se deben mezclar en seco.
4. La mezcla preparada en seco se le va agregando al agua, mientras que se agita, hasta tener la sales totalmente disueltas.
5. La solución preparada debe diluirse hasta alcanzar un volumen aproximado a la mitad de la capacidad del tanque (para evitar el derrame de preservante cuando se sumerge la madera).

PROCESO DEL TRATAMIENTO

Una de las ventajas de este método es que se ajusta a la capacidad de producción de las diferentes industrias de la madera. Para las industrias con una alta producción de madera aserrada existen dos sistemas a implementar:

1. La utilización de un tanque donde se sumerge una pila de madera por un periodo de un minuto (Figura 2)
2. Incorporar un pequeño tanque después del proceso de despuntado de la madera en la línea de producción, en donde la madera es sumergida en el preservante.(Figura 3)



Figura 2. Tanque de inmersión.

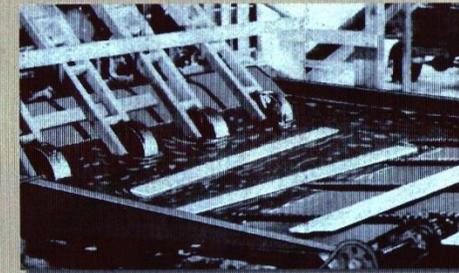


Figura 3. Línea de producción

Las pequeñas industrias pueden preservar su madera aserrada, sumergiéndola de forma manual en un recipiente que contenga el preservante.



Figura 4. Canoa de inmersión

ALMACENAMIENTO Y FORMA DE EMPAQUE

La madera que fue sumergida en la solución preservante deberá apilarse y cubrirse con algún material impermeable que impida la circulación de aire, por ejemplo, un plástico grueso



Figura 5.
Pila de madera envuelta en plástico, después de sumergida en el preservante.

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO PARA DIFUSION

Poder definir un tiempo óptimo de almacenaje para cada tipo de espesor es la clave para el éxito de la preservación (cuadro 1).

ESPESOR (cm)		TIEMPO (días)
(cm)	(pulg)	
1,25	1/2	10
2,50	1	25
3,81	1 1/2	50
5,08	2	75
6,35	2 1/2	75
7,60	3	106

Cuadro 1. Tiempo recomendado para cada espesor

MEDICIÓN DE LA PENETRACIÓN Y LA RETENCIÓN DE BORO EN LA MADERA

Para establecer un control de calidad es necesario determinar la penetración y retención del preservante en la madera de melina. Para esto se debe primero desempacar algunas muestras y cortarlas a la mitad de su longitud.

Posteriormente rociar sobre los extremos cortados una mezcla compuesta de 10 gramos cúrcuma en 100 mililitros de alcohol (El alcohol debe tener una concentración mayor a 90%)

Una vez secos los extremos, aplicar una solución reveladora preparada con 20 mililitros de ácido clorhídrico a una concentración del 34%, disolverla en 6 gramos de ácido salicílico y esta mezcla se lleva a 100 mililitros de alcohol (El alcohol debe tener concentración mayor a 90%)

Los sitios donde esta presente el preservante en la madera se torna de color rojo y aquellos donde no existe sustancia preservante, la madera mantiene su color original.

La penetración se realiza midiendo en la cara de la pieza el desplazamiento (en milímetros) del color rojo del borde hacia el centro. Este valor debe ser en la medida de lo posible igual a la mitad del espesor de la pieza de madera preservada.

Es importante saber que la coloración tomada en la madera por la sustancia reveladora esta relacionada con la retención, que posean las muestras. Las siguientes coloraciones muestran la retención de boro por m³.

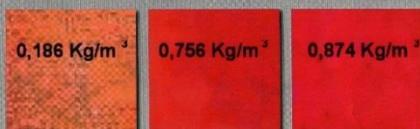


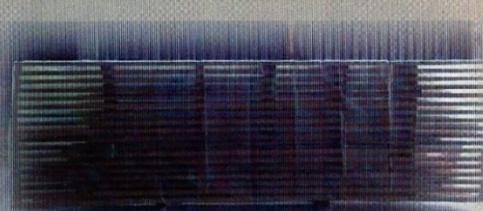
Figura 6. Retención según coloración en madera de melina con sustancia reveladora de boro

Información recopilada por:
Ing. Laura Leandro Zuñiga, Ing. Róger Moya Roque,
Ing. Francisco Monge Romero,
Fotografías:
Ing. Laura Leandro Zuñiga.
Edición gráfica e impresión:
D.G. Daniel Villavicencio Ocho

Guía práctica No. 1

Preservación de madera de melina utilizando el método de inmersión-difusión con sales de boro

PROYECTO FC-0011-200: Evaluación de las características y propiedades tecnológicas para la melina (*Gmelina arborea*) provenientes de plantaciones forestales.



CIIBI

Tels.: (506) 550-2433 • (506)550-2266
Fax: (506) 591-3315 • Correo Electrónico: rmoya@itcr.ac.cr



ANEXO 3

Cuadro resumen de la correlación entre las propiedades de madera

Propiedades	Anatómicas	Físicas	Mecánicas	Durabilidad	Secado	Preservación
Madera radial o tangencial	Radios ubicados en diferente posición	No se ven afectadas	No se ven afectadas	No se ven afectadas	La madera tangencial seca más rápido pero se pandea más	No se ven afectadas
Albura/Duramen	No se ven afectadas, pero en la duramen contiene extractivos	No se ven afectadas	No se ven afectadas	El duramen es más durable y la albura poco durable	La albura seca más rápido y duramen de lento secado	La albura se preserva, pero el duramen es poco factible de preservar
Color, sabor, lustre	No se ven afectadas	No se ven afectadas	No se ven afectadas	Por lo general las maderas oscuras son más durables que las claras	No se ven afectadas	No se ven afectadas
Textura	Poros grandes	No se ven afectadas	No se ven afectadas	No se ven afectadas	No se ven afectadas	No se ven afectadas
Grano de la madera	No se ven afectadas	No se ven afectadas	El grano inclinado disminuye resistencia	No se ven afectadas	La falta de grano recto produce defectos de secado	No se ven afectadas
Fibras de pared celular gruesa y poros pequeños	-	Mayor peso específico	Mayor resistencia	Mayor durabilidad	Lento secado	Difíciles de preservar
Parénquima abundante	-	Menor peso específico	Menor resistencia	Menor durabilidad	No se ve afectada	No se ve afectada
Peso específico	-	-	Alto peso específico mayor resistencia	Alto peso específico mayor durabilidad	Alto peso específico lento secado	Alto peso específico difícil preservar y bajo consumo de preservante
Contracciones	Fibras con pared celular gruesas alta contracciones	No se ven afectadas	No se ven afectadas	No se ven afectadas	Mayor cuidado al secar	No se ven afectadas
Trabajabilidad de la madera	Fibras gruesas	Especies de mediana densidad utilizable en muebles	Especies de alta resistencia ligeramente difíciles de trabajar y mayor desgaste	No se ven afectadas	No se ven afectadas	No se ven afectadas

BIBLIOGRAFIA

Barnett, J., Jeronimidis, G. Wood Quality and its biological basis. Austria: Blackwell Pushing CRC Press.

García, L., Quindeo, C., Pereza, C., Palacios, O. 2003. La madera y su anatomía. España: Ediciones Mundi-Prensa.

Haygreen, J.G. And Bower, J.L. 1982. Forest Products and Wood Science. USA: The Iowa State University Press.

Hoheisel, H. 1974. Estipulaciones para los ensayos de propiedades físicas y mecánicas de la madera. Mérida, Venezuela: Centro de Documentación y publicaciones del Instituto Forestal Latinoamericano.

Moya, R.; Muñoz, F; Salas, J; Berrocal, A; Leandro, L; Esquivel, E. 2010. Tecnología de madera de plantaciones forestales: Fichas Técnicas. Revista Forestal Mesoamericana 7(18-19):207 p. (Editorial Corporación Garro y Moya, ISBN: 978-9968-9643-3-3). Disponible en http://www.tec.ac.cr/sitios/Docencia/forestal/Revista_Kuru/index.htm

Moya, R; Aguilar; D; Tenorio, C; Bond, B. 2011. Moisture content variation in kiln-dried umber from plantation of *Vochysia guatemalensis*. Wood Fiber and Science 43(2): 121-129.

Moya, R; Aguilar; D; Tenorio, C. 2012. Consideraciones durante el secado convencional de la madera de *Vochysia guatemalensis* Donn Sm. (cebo/mayo). Revista UNICIENCIA 26: 5-14

Moya, R; Rodríguez, A; Olivares C. 2014. Árboles Maderables de la Península de Osa: Madera y Corteza. Editorial Tecnológica de Costa Rica. ISBN 978-9977-66-302-9. Cartago, Costa Rica, 342 p.

Muñoz, F; Moya, R. 2008. Moisture content variability in kiln-dried *Gmelina arborea*: effect of radial position and anatomical features. Journal of Wood Science 54(4): 318-322

Serrano, R., Moya, R. 2013. Procesamiento, uso y mercado de la madera en Costa Rica: aspectos históricos y análisis crítico. Editorial Académica Española, ISBN: 3659071137. Madrid España, 64 p.

Tenorio, C; Moya, R. 2011. Consideraciones y recomendaciones prácticas para mejorar la calidad de la madera seca de *Acacia mangium* Willd. Tecnología en Marcha 24(4): 30-38.

Tsoumis, G. 1991. Science and technology of wood: Structure: Properties, utilization. New York, US: Chapman & Hall.

Zobel, B. and J. P. van Buijtenen. 1989. Wood variation, its causes and control. Berlin: Springer-Verlag.