



REPUBLICA DE GUATEMALA  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS  
BIBLIOTECA "JESÚS GONZÁLEZ"



....."Las tribus de Guatemala, para construir sus marimbas, utilizaban únicamente la madera del árbol femenino ya que creen que el bello, aunque triste tono de este instrumento es producido por el propio árbol que se lamenta de la pérdida de su amado, que permanece aún en el bosque".....

(Editorial Blume S.A., 1978)



# LA CALIDAD DE LA MADERA Y SUS APLICACIONES

ÁNGELA MARÍA VÁSQUEZ CORREA  
Profesora Asociada

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
SEDE MEDELLÍN  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

2003

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

## Contenido

<b>Introducción</b> .....	1
<b>Defectos en la madera</b> .....	2
1.1 En la forma del tronco.....	2
1.2 En la estructura anatómica de la madera.....	3
1.3 Producidos por el ataque de agentes biológicos.....	10
1.4 Producidos por esfuerzos mecánicos.....	13
1.5 Originados durante el secado.....	15
1.6 Originados durante el procesamiento.....	16
<b>Características necesarias para los diferentes usos</b> .....	19
2.1 Construcción de barcos.....	19
2.2 Construcción estructural.....	19
2.3 Construcción no estructural.....	20
2.4 Uso exterior.....	22
2.5 Pilotes en ambiente marino.....	22
2.6 Chapas y contrachapado.....	23
2.7 Durmientes.....	23
2.8 Embalajes.....	23
2.9 Palillos mondadientes, fósforos, cucharillas de helado, depresores linguales, juguetería infantil y similares.....	24
2.10 Carretería.....	24
2.11 Mangos de herramientas y cubiertos, armas, vehículos, implementos agrícolas y artículos atléticos y deportivos.....	24
2.12 Instrumentos musicales y científicos.....	25
2.13 Lápices.....	25
2.14 Moldes y plantillas.....	26
2.15 Pulpa, papel y tableros aglomerados.....	26
2.16 Talla, escultura y tomeado.....	26
<b>Características y clasificación de las maderas</b> .....	27
3.1 Densidad básica.....	27
3.2 Densidad seca al aire.....	27
3.3 Dureza.....	28
3.4 Propiedades físicas.....	28
3.5 Propiedades mecánicas.....	29
3.6 Trabajabilidad.....	29
<b>Glosario de términos</b> .....	31
<b>Bibliografía</b> .....	34

## Índice de tablas

Tabla 1. Tolerancias especificadas en la norma "Clasificación visual por defectos para madera estructural".....	21
Tabla 2. Clasificación de la madera para uso en construcción estructural de acuerdo a sus valores de densidad básica.....	27
Tabla 3. Clasificación de la madera para uso en construcción no estructural de acuerdo a sus valores de densidad seca al aire.....	27
Tabla 4. Clasificación de la madera de acuerdo a sus valores de dureza.....	28
Tabla 5. Clasificación de la madera de acuerdo a sus valores de densidad anhidra.....	28
Tabla 6. Clasificación de la madera de acuerdo a sus valores de contracción volumétrica total y normal.....	29
Tabla 7. Clasificación de la madera de acuerdo a su estabilidad dimensional.....	29
Tabla 8. Recopilación de categorías para la clasificación de los valores obtenidos en la determinación de las propiedades mecánicas, ajustadas al 12%.....	30
Tabla 9. Clasificación del estado de la superficie de las maderas según su mayor o menor facilidad para ser trabajadas.....	30

## Índice de figuras

Figura 1. Observación interna del proceso de bifurcación en un tronco de <i>Corylus avellana</i> L.; Betulaceae.....	3
Figura 2. Granos: (A) Recto, (B) Oblicuo, (C) Entrecruzado y (D) Ondulado.....	5
Figura 3. Leño de reacción: (A) Leño de tracción en una angiosperma y (B) Leño de compresión en una gimnosperma.....	7
Figura 4. El crecimiento del árbol y la formación del leño de reacción.....	7
Figura 5. Observación microscópica de la madera de reacción en <i>Pinus radiata</i> D. Don; Pinaceae.....	8
Figura 6. Tipos de nudos: (A)vivo, (B) muerto, (C) suelto en arista, (D) agrietado, (E) suelto y (F) en estaca.....	9
Figura 7. Mancha azul producida por el ataque de un hongo cromógeno.....	11
Figura 8. Pudrición (A) blanca y (B) parda.....	13
Figura 9. Escamadura o acebolladura.....	14
Figura 10. (A) Bolsillo de resina en una conifera y (B) escamadura en <i>Eucalyptus pauciflora</i> Sieber ex Spreng.; Myrtaceae, con abundancia de contenidos.....	14
Figura 11. Colapso observado en dos tablones de madera.....	16
Figura 12. Diferentes tipos de alabeos, así: (A) Abarquillado, (B) Arqueadura,(C) Encorvadura y (D) Torcedura.....	17
Figura 13. Defectos de trabajabilidad: (A) grano velloso, (B) grano arrancado y (C) quemado de la superficie.....	18

## **Introducción**

Aparentemente existe un difundido conocimiento de nuestras maderas y las personas saben cuales y como utilizarlas según el propósito, pero al enfrentamos con la escasez de algunas tradicionalmente utilizadas y la necesidad de innovar diseños ofreciendo la mejor calidad, no se tiene una idea clara con respecto a los criterios a tener en cuenta en cada situación y tampoco con respecto al comportamiento de muchas maderas que empiezan a comercializarse en reemplazo de otras.

La calidad de la madera es un término demasiado subjetivo que debe ser definido en cada contexto y en función de muchos atributos, casi siempre de aquellos que puedan tener valor para un uso final específico, puesto que las características deseables para un producto pueden no serlo para otro, y por esta razón, estudio también puede enfocarse desde muchos puntos de vista y puede ser tan profundo e inagotable como nuestro interés.

Además, los atributos de calidad de la madera se modifican en función de su variable y compleja estructura, del sitio, del manejo, pueden ser inherentes a las especies y heredables, estar influenciados por las condiciones de crecimiento y por los defectos presentes en su estructura, por lo que se hace necesario considerar algunas características macroscópicas y microscópicas que determinan la calidad de la misma y definen su comportamiento y respuesta en los diferentes procesamientos.

Para tener una mejor comprensión de las características que hacen referencia a la calidad de una madera es necesario acercarnos, en primer lugar, a aquellos que pueden considerarse, y que de hecho se definen como defectos, los cuales están ligados tanto al desarrollo de los árboles y a la formación de su madera, como al procesamiento de la misma. En segundo lugar, nos ocuparemos de definir los atributos deseables para los más importantes usos de las maderas en nuestro medio, y finalmente, se dará a conocer una recopilación de los criterios de clasificación de acuerdo a las diferentes características de las mismas.

## **Defectos en la madera**

Cualquier irregularidad o imperfección que afecte las propiedades físicas, químicas y mecánicas de una pieza de madera se considera como un defecto. Siendo que, en el ámbito industrial las exigencias en cuanto a características de la madera son tan diversas, que una característica se considera a veces como una ventaja y en otras oportunidades como un inconveniente. En la madera en trozas y aserrada para diferentes usos, es imprescindible limitar la presencia, tipo, forma, tamaño y ubicación de defectos, garantizando con esto una más amplia y adecuada utilización de la misma (JUNAC 1984a).

### **1.1 En la forma del tronco**

- **Curvatura longitudinal del tronco**, esta es una característica hereditaria y con una fuerte influencia de las condiciones de crecimiento, de la pendiente del sitio, de la fuerza del viento o de daños mecánicos. Existen muy pocos casos en los que esta característica no afecte gravemente el valor de la madera, por no permitir un aprovechamiento del volumen total de las trozas. Las piezas que se originan a partir de este tipo de troncos presentan granos irregulares que comprometen la resistencia mecánica, causan dificultades de acabado y defectos de secado.

- **Ahorquillado o bifurcación**, como se observa en la Figura 1, y según Burger e Richter (1991) se produce cuando se forman dos o varios troncos en lugar de uno, lo que puede deberse a características hereditarias, a un daño mecánico que causa la pérdida de la yema terminal o al desarrollo de varios brotes terminales, reduciendo con esto el volumen aprovechable de las trozas.

En el árbol en pie, la bifurcación es susceptible de pudriciones debido principalmente al acumulo de agua, pero la desviación de los tejidos, que en este caso también contribuye a disminuir la resistencia mecánica de la madera, tiene un gran valor ornamental a causa de sus acentuados veteados.

- **Conicidad acentuada**, la forma ideal del tronco es cilíndrica, pero la conicidad es una característica normal en ciertos árboles debido a la propia naturaleza de su crecimiento, a la especie, la edad, la altura del tronco y sobre todo, a la densidad de la masa boscosa en la cual se desarrolla el árbol, la cual influye en que el crecimiento de los individuos sea proporcionado en altura y diámetro a través de la producción de hormonas de crecimiento y de su influencia en la actividad de los brotes terminales y del cámbium vascular (Burger e Richter, 1991).

La influencia externa del viento o una copa de grandes dimensiones también hacen que el árbol desarrolle fuertemente la base del tronco. La presencia de esta característica disminuye el aprovechamiento de la madera y puede ser en parte controlada por medidas silviculturales adecuadas, como podas, espaciamiento, etc.

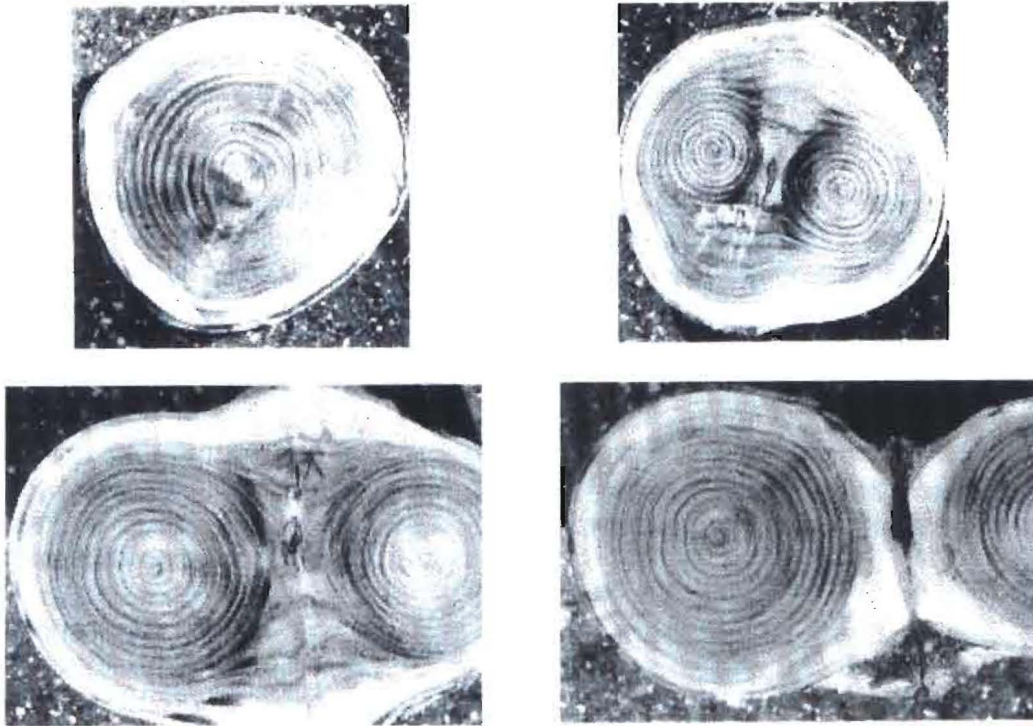


Figura 1. Observación interna del proceso de bifurcación en un tronco de *Corylus avellana* L. ; Betulaceae.

Fuente: Schweingruber (2001).

- Raíces tubulares, son salientes verticales estrechas que se presentan en la base del tronco de algunas especies y pueden extenderse hasta grandes alturas en el fuste. Su presencia ocasiona serias dificultades en el apeo e incrementa considerablemente el desperdicio de madera.
- Surcos o forma irregular del tronco, cuando se presenta una forma profundamente irregular en el tronco, muchas veces no es posible la obtención de madera aserrada y resulta más conveniente el uso de las trozas enteras.

## 1.2 En la estructura anatómica de la madera

- Grano irregular, es la desviación angular de los elementos longitudinales de la madera, con respecto al eje longitudinal del fuste o el canto de una pieza aserrada. Esta característica se produce tanto por el proceso de crecimiento como por el mal aserrado de la madera (Figura 2), dando como resultado una gran variación en el arreglo y dirección de los tejidos axiales. Esto origina según Vásquez (2002) varios tipos, así:

- Recto, considerado como normal, con la dirección de los elementos paralela al eje del árbol o a la arista de la pieza de madera aserrada. Este tipo de grano facilita el procesamiento de la madera, mejorando su trabajabilidad y acabados, presentando así mismo un veteado más uniforme.



- Entrecruzado, cuando los elementos axiales forman un arreglo irregular, presentándose en diversas direcciones y produciendo un veteado y brillo acentuados y decorativos que pueden, así mismo, dificultar el procesamiento y acabado final de la madera.

- Ondulado o crespo, cuando los elementos axiales forman un arreglo ondulado en la dirección axial, originando una apariencia sinuosa y regular, con un brillo intenso y vistoso muy apetecido en el mercado por su alto valor decorativo y económico. Este tipo de grano dificulta el procesamiento de la madera y sus acabados finales.

- Oblicuo, diagonal o inclinado, cuando los elementos axiales forman un arreglo diagonal con respecto al eje de la misma, dando como resultado una madera mal orientada con respecto a sus tres planos de corte característicos. Este tipo de grano puede evitarse con un correcto aserrado de las piezas, especialmente por que disminuye la resistencia mecánica de la madera y acentúa la formación de defectos durante el proceso de secado.

- Ancho irregular de los anillos de crecimiento, dependiendo de la especie a la que pertenezca, esta irregularidad puede dar como resultado una madera con propiedades heterogéneas en términos de sus características y respuesta a determinadas esfuerzos mecánicos. Sus principales causas son el manejo silvicultural y las condiciones de crecimiento.

- Crecimiento excéntrico, se caracteriza por presentar una medula acentuadamente dislocada del centro del tronco, razón por la que los anillos de crecimiento presentan mayores anchos en un lado del fuste que en el otro. Se produce durante el crecimiento del árbol y la formación de su madera, cuando la actividad del cámbium vascular se ve influenciada por el viento, por la fuerza de la gravedad en árboles que crecen inclinados, por una fuerte insolación lateral o por un crecimiento unilateral de la copa que origina un suplemento deficiente de nutrientes en uno de los lados del tronco o por cualquier otro esfuerzo externo que cause un fuerte stress en el individuo. Las desventajas de esta característica se observan en las propiedades desiguales de la madera y en la presencia de leño o madera de reacción.

- Leño o madera de reacción, según Burger e Richter (1991) los árboles que se desarrollan bajo esfuerzos externos continuos forman tipos especiales de leño, lo que probablemente se deben a estímulos asimétricos de las hormonas de crecimiento para intentar compensar el esfuerzo impuesto.

Como se observa en la Figura 3, en las gimnospermas el leño de reacción se forma siempre en la parte inferior de los troncos inclinados y recibe el nombre de leño de compresión. En las angiospermas dicotiledóneas este tipo de leño se localiza en la parte superior de los troncos inclinados, en la zona expuesta a tracción y por esto recibe el nombre de leño de tracción. Es común la ocurrencia de este defecto en la madera de árboles con troncos inclinados que crecen en fuertes pendientes, razón por la que intentan equilibrar su propio peso y posibilitar la reorientación gradual de su crecimiento,



A



B



C



D

Figura 2. Granos: (A) Recto, (B) Oblicuo, (C) Entrecruzado y (D) Ondulado.  
Fuente: Vásquez (2002).

siendo su presencia también muy frecuente en el lado inferior de las ramas que intentan mantener su crecimiento horizontal y su ángulo de inserción en el tronco (Figura 4).

Macroscópicamente el leño de compresión en las gimnospermas presenta, en los anillos de crecimiento, el leño inicial con células de paredes más gruesas de lo normal, una apariencia sin brillo y un color más fuerte que el tejido sano, lo que se traduce en una transición casi indistinta entre los leños inicial y tardío al interior de los anillos decrecimiento. Microscópicamente, en el plano transversal, y como lo muestra la Figura 5, las traqueidas presentan forma circular, espacios intercelulares y rajaduras en sus paredes, lo que afecta profundamente su resistencia mecánica (Schweingruber, 2001).

Burger e Richter (1991) agregan que este tipo de madera presenta propiedades muy diferentes a las de la madera normal como son su excesiva dureza, el elevado contenido de lignina y bajo de celulosa y la orientación espiralada de la estructura fibrilar de la pared celular con ausencia de la capa  $S_3$  en la pared secundaria. Esto trae como consecuencia la producción de una madera de comportamiento desigual, elevada inestabilidad dimensional, quebradiza, difícil de trabajar, propensa a defectos de secado y con mayor resistencia a la compresión axial y perpendicular.

De igual forma, los mismos autores anotan que en las angiospermas la presencia de leño de tracción es más difícil de constatar a escala macroscópica. Normalmente presenta una coloración más clara (blanca – plateada), un brillo característico y una superficie más sedosa que la madera normal. A escala microscópica este tipo de madera se detecta por la presencia de fibras con un espesor anormal de sus paredes celulares, caso en el cual se denominan “fibras gelatinosas”, las cuales poseen un elevado contenido de celulosa y una casi total ausencia de lignina.

Este tipo de madera es también difícil de trabajar, presenta gran inestabilidad dimensional con tendencia a la aparición de colapso durante el secado, elevada resistencia a esfuerzos de tracción pero baja a esfuerzos de compresión y flexión y dificultades en el cocimiento durante la fabricación de papel.

- Presencia de albura, es la parte más externa, generalmente más clara y fisiológicamente activa del leño, razón por la que sus células contienen grandes cantidades de azúcares y almidones, lo que le confiere una menor durabilidad natural y la hace más susceptible al ataque de hongos e insectos, aunque sus propiedades mecánicas no son diferentes a las del duramen. Se le considera como un defecto cuando ha sido atacada por insectos, cuando presenta pudrición o no está preservada.
- Medula incluida, es la parte central del fuste y su presencia se considera como un defecto por semejantes razones en cuanto a su durabilidad natural que la albura y por disminuir considerablemente la resistencia mecánica de las piezas aserradas.

Cuando la medula ocupa un porcentaje muy elevado del fuste, es preferible utilizar la madera en forma redonda, como en el caso del árbol loco (*Montanoa quadrangularis* Sch. Bip; Asteraceae).

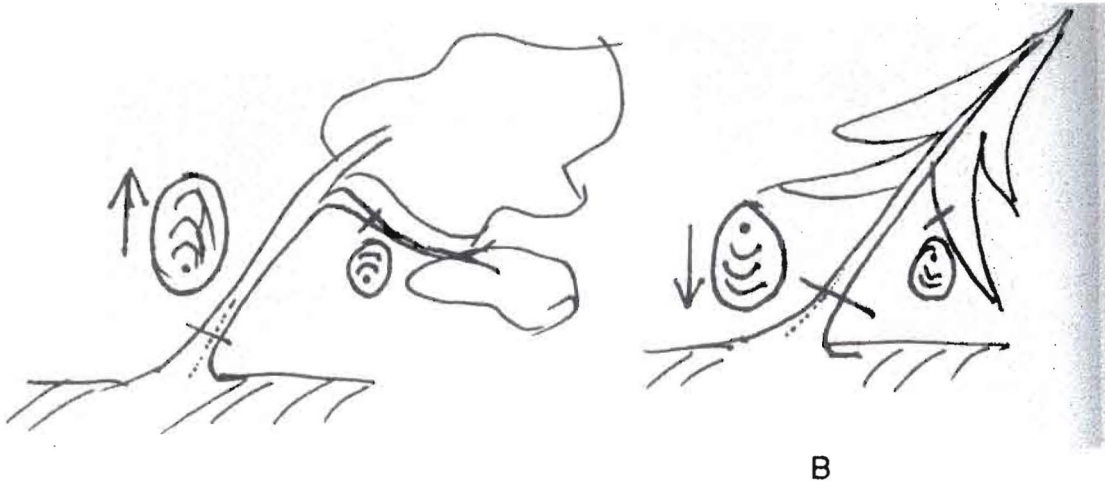


Figura 3. Leño de reacción: (A) Leño de tracción en una angiosperma y (B) Leño de compresión en una gimnosperma.  
Fuente: Schweingruber (2001).

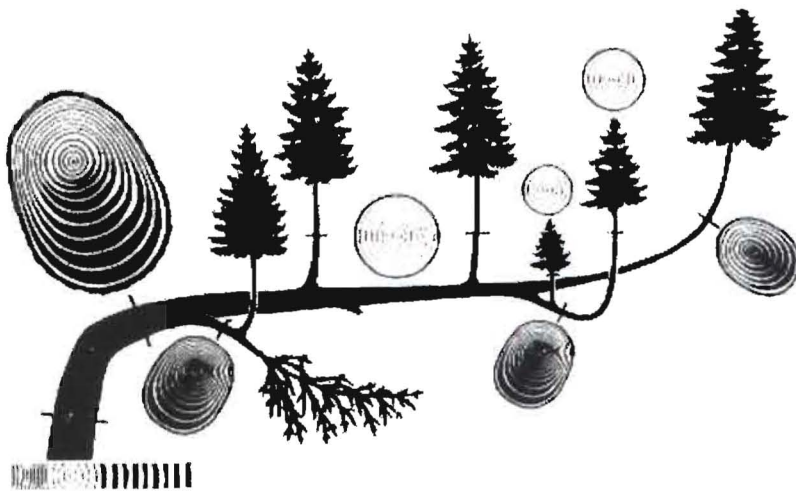


Figura 4. El crecimiento del árbol y la formación del leño de reacción  
Fuente: Schweingruber (2001).



Figura 5. Observación microscópica de la madera de reacción en *Pinus radiata* D. Don ; Pinaceae  
Fuente: Schweingruber (2001).

- Nudos, formados por la porción basal de las ramas que han quedado embebidas en el tronco, son los primeros elementos a ser considerados en la clasificación de la madera por grados de calidad, momento en el cual es importante detallar el tamaño, tipo y agrupamiento de los mismos (JUNAC, 1984a).

Su presencia en una pieza de madera se considera como un defecto por disminuir apreciablemente la resistencia mecánica de la misma, dado que interrumpe la continuidad de las fibras y desvía una alta proporción de las mismas en su proximidad, situación que depende de su tamaño y localización, así como del tipo de esfuerzo aplicado a la pieza. Presentan además, una contracción desigual a la del leño circundante y una mayor densidad con alta tendencia a agrietarse y causar deformaciones durante el secado, sin que por esto deba olvidarse todo su valor decorativo (Burger e Richter, 1991).

En cuanto a su adherencia al tronco, y como puede observarse en la Figura 6, pueden ser vivos, muertos o sueltos. Se considera como nudo vivo, cuando corresponde a una época en la que la rama estuvo fisiológicamente activa en el árbol y es posible observar una perfecta continuidad de sus tejidos con los del tronco, este tipo de nudo no se suelta o afloja durante el secado y no presenta deterioro ni pudrición. El nudo muerto, corresponde a una rama que murió y dejó de tomar parte en el desarrollo del tronco, en

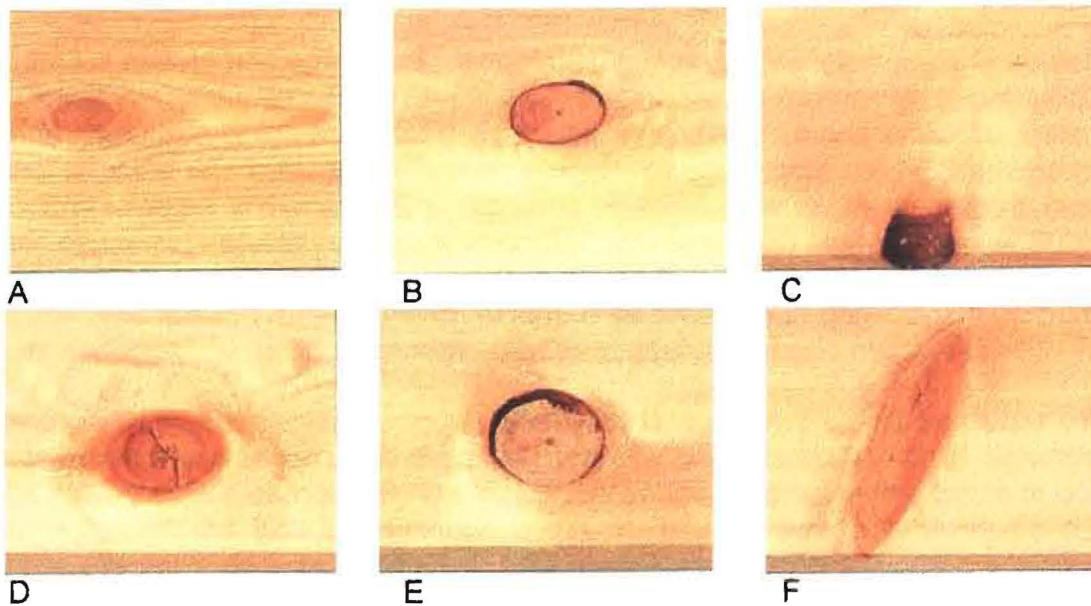


Figura 6. Tipos de nudos: (A)vivo, (B) muerto, (C) suelto en arista, (D) agrietado, (E) suelto y (F) en estaca.

Fuente: [http://www.bricomundo.com/todosobre\\_defectos.htm](http://www.bricomundo.com/todosobre_defectos.htm)

este caso no se observa continuidad entre los tejidos y su fijación depende solo de la compresión periférica ejercida por el crecimiento diametral del fuste, perjudicando con esto las características de trabajabilidad de las piezas. Se diferencia de los nudos vivos por la existencia de un anillo oscuro alrededor de su borde exterior.

Los nudos muertos pueden convertirse en nudos sueltos cuando se desprenden de la pieza de madera dejando una cavidad que perjudica muchísimo la apariencia y las propiedades físico – mecánicas de la misma. En cuanto a su posición o distribución en la pieza de madera pueden ser verticilados, múltiples, oblicuos, en arista (presentes en la arista de la pieza aserrada), transversales o en estaca (cuando abarcan todo el ancho de la pieza aserrada) y en cuanto a su forma pueden ser aliformes, ovalados o redondos ([http://www.bricomundo.com/todosobre\\_defectos.htm](http://www.bricomundo.com/todosobre_defectos.htm)).

- Presencia de parénquima, este tipo de células se considera como un defecto cuando son muy abundantes en una madera, dado que están compuestas de células de paredes delgadas cuya principal función es la de almacenar sustancias de reserva (azúcares y almidones) que disminuyen considerablemente su durabilidad natural, como en el caso de la albura y la medula, además de la resistencia mecánica de las piezas.

- Tejido de cicatrización, cuando se produce alguna herida en el árbol por daños mecánicos externos o se forman nudos o bifurcaciones del tronco, el cámbium produce células de sustitución irregulares y de crecimiento rápido que cierran la herida o rodean el inicio de la nueva rama o tronco por completo, lo que normalmente incluye la formación de abundante parénquima axial, y en ciertas especies, la formación de canales secretores traumáticos.

En todos los casos, Burger e Richter (1991) aseguran que se interrumpe la continuidad de las fibras del leño y se desvía una alta proporción de las mismas en la proximidad de la herida hasta que la totalidad del daño o elemento diferente sea envuelto. Este tejido anormal provoca una heterogeneidad en el material que afecta considerablemente sus propiedades físicas y mecánicas y perjudica la apariencia de la madera, aunque en algunos casos este efecto pueda ser decorativo. Además, en algunos casos, durante el proceso de recubrimiento de la herida se produce la inclusión de porciones de corteza que finalmente quedan embebidas en el leño o se presenta la penetración de hongos o agentes xilófagos y el tejido de cicatrización se presenta atacado de pudrición.

- Presencia de madera juvenil, según USDA (2001) la madera juvenil se define como la zona de madera que se extiende desde la medula y cuyas características experimentan rápidos y progresivos cambios en los sucesivos anillos de crecimiento hacia la corteza, donde la madera ha sido denominada como madera madura o externa. La madera juvenil se diferencia de la madura en su bajo porcentaje de leño de verano (madera más densa dentro del anillo de crecimiento), en su menor densidad, menor longitud de las traqueidas y un mayor ángulo de las microfibrillas en la estructura de la pared celular y ocasionalmente, una cantidad desproporcionada de madera de compresión. Agregando que en los pinos, esta madera es producida durante los primeros 3 años de crecimiento.

La formación de este tipo de madera se presenta tanto en angiospermas como en gimnospermas, especialmente en maderas procedentes de plantaciones, y se caracteriza por poseer menores características de resistencia y estabilidad dimensional, mayor inclinación del grano y diferente respuesta a procesos de preservación y secado, lo que la convierte en un material difícil de procesar. Muchos autores coinciden en considerarla como una madera simplemente diferente y advierten la importancia de detectarla haciendo un adecuado seguimiento de las propiedades de la madera con respecto a la edad de los individuos, para procesarla y utilizarla adecuadamente.

### 1.3 Producidos por el ataque de agentes biológicos

- Hongos, son formas inferiores de plantas que invaden la madera para vivir y alimentarse de ella. Se diferencian en varios grupos según el tipo de daño que ocasionan, así:

- Mohos, los cuales se desarrollan en la superficie de la madera cuando hay abundancia de humedad afectando solo su apariencia y sin causar ningún deterioro. Pueden eliminarse al limpiar la pieza, aunque en estados avanzados de ataque, las hifas pueden invadir los lúmenes y destruir las paredes celulares, penetrando a través de las células parénquimáticas sin afectar la coloración natural de la misma.

Según JUNAC (1988), macroscópicamente se observan como un manto algodonoso formado por la producción de esporas de variadas coloraciones, siendo más comunes durante el proceso de secado o en maderas que aunque secas, estén expuestas continuamente a humedades por encima del 90%.

- Manchas, se producen por el ataque de hongos cromógenos que penetran en los lúmenes celulares para alimentarse de las sustancias de reserva, produciendo comúnmente coloraciones grises, negras o azules (JUNAC, 1984b).

JUNAC (1988) agrega que atacan principalmente la albura, donde encuentran sustancias alimenticias y condiciones óptimas para su crecimiento, y de manera más frecuente en el período comprendido entre el apeo de los árboles y el almacenamiento de las trozas, cuando las condiciones de humedad y temperatura son apropiadas (entre 24 y 35 °C y 30% de HR). Este ataque se observa principalmente en maderas de colores claros que han sido inadecuadamente almacenadas o secadas tardíamente (Figura 7).

Debido a que este tipo de hongo solo se desarrolla en los lúmenes celulares, alimentándose de los contenidos en los mismos, su ataque no deteriora la estructura de la madera, disminuyendo su resistencia mecánica, pero su presencia puede contribuir a crear las condiciones necesarias para el desarrollo de pudrición u otros daños en la madera. Cabe anotar que las coloraciones que produce su ataque, pueden llegar a ser decorativas en el caso, por ejemplo, de que la madera sea utilizada como tablilla de recubrimiento.

Macroscópicamente, IPT (1989) aclara que la madera atacada presenta, en las superficies longitudinales, la albura con áreas de coloración variable en forma y tamaño. En el corte transversal de la madera de coníferas, estos hongos se distribuyen casi exclusivamente en los radios, mientras que en la madera de latifoliadas suelen colonizar además de los radios, los vasos, las fibras y las traqueidas. Cuando el ataque es muy intenso las maderas pueden presentar reducciones en su densidad, dureza, resistencia a la flexión e impacto en porcentajes entre el 1 y el 10 %, además de aumentar su permeabilidad.



Figura 7. Mancha azul producida por el ataque de un hongo cromógeno.

Fuente: [http://www.bricomundo.com/todosobre\\_defectos.htm](http://www.bricomundo.com/todosobre_defectos.htm)

- Pudrición, es causada por el ataque de hongos xilófagos cuyo micelio se desarrolla en el interior de la pared celular, descomponiendo la estructura de la madera con la consiguiente pérdida de peso y consistencia, a tal punto que puede partirse o



desmenuzarse bajo la menor presión. Estos hongos se clasifican de acuerdo al tipo de sustancia que atacan y degradan en la madera, así:

- Degradan la celulosa y ocasionan pudrición marrón / parda, su ataque se caracteriza por que la madera se desmenuza y resquebraja en sentido transversal a la fibra. Macroscópicamente, la pieza empieza a presentarse oscurecida, lo que aumenta gradualmente hasta que la superficie se agrieta formando pequeños cubos o bloques, como lo muestra la Figura 8. El ataque de este tipo de organismos causa la disminución de la densidad y de las propiedades mecánicas de la madera, especialmente su resistencia al impacto (IPT, 1989).

- Degradan la lignina y ocasionan pudrición blanca, su ataque se caracteriza por una coloración clara de la madera, que se vuelve fibrosa y se parte con facilidad (Figura 8), provocando una disminución más lenta de las propiedades mecánicas en relación a la pudrición parda (IPT, 1989), pero con disminuciones mayores en el caso de la densidad.

- Insectos, atacan la madera en búsqueda de refugio y/o alimento, desde el árbol vivo hasta seca al aire en un gradiente creciente de humedad y desde árboles sanos hasta individuos en un estado de avanzada descomposición, construyendo durante este proceso galerías o perforaciones que evidencian su ataque y que afectan considerablemente la resistencia mecánica de las piezas por destruir la continuidad de sus fibras. En términos de la calidad de la madera, su clasificación se basa en el tamaño de las perforaciones que ocasionan, así:

- Perforaciones pequeñas, con diámetros iguales o menores a 3mm y forma circular, que según JUNAC (1984b), son generalmente producidas por insectos de las familias Plttypus, Scolytidos y algunos Cerambicidos, asociados con hongos de ambrosia que les sirven de alimento y causan una coloración azul alrededor de los orificios, situación que ayuda a su identificación. Su ataque cesa cuando al secarse la madera se produce la muerte de los hongos, cuya asociación les ha debido el nombre de insectos de ambrosia (IPT, 1989).

- Perforaciones grandes, con diámetros superiores a los 3mm y forma circular a ovalada, causadas por insectos de las familias Bostrychidae y Cerambicidae, que pueden ocasionar perforaciones de 13 a 18 milímetros de diámetro, los cuales taponan sus galerías con aserrín grueso y compacto, producto de las roeduras y deyecciones de las larvas (JUNAC, 1984b).

Podemos incluir aquí el daño a la madera causado por insectos del grupo Isóptera, llamados comúnmente termitas o comejenes, los cuales son insectos sociales, organizados en colonias y que según IPT (1989), se distribuyen en más de dos mil especies que pueden vivir exclusivamente dentro de la madera de la cual se alimentan o construir termiteros o comejeneras externas y túneles para acceder a las piezas de madera que atacan, construyendo un intrincado sistema de galerías en el interior de la misma.



A



B

Figura 8. Pudrición (A)blanca y (B)parda  
Fuente: JUNAC, 1984b

Finalmente, es importante mencionar la actividad de los xilófagos marinos que causan deterioro de importancia económica en las estructuras en contacto con agua de mar, especialmente aquellos identificados como moluscos y crustáceos.

1.4. Producidos por esfuerzos mecánicos

- Escamadura o acebolladura, es una grieta circular que se presenta en el interior del tronco por la separación del leño entre anillos de crecimiento consecutivos debido a un espaciado brusco o exagerado entre los mismos, y que recuerda la separación de las hojas de una cebolla. Según Burger e Richter (1991), su presencia se debe generalmente a daños mecánicos, a tensiones de crecimiento, a la flexión producida en los árboles por la acción del viento, a los incendios o a la congelación de la savia. Es más frecuente cerca a la base del tronco y causa un aumento anormal del grueso del mismo. Al aserrar la madera se observa en forma de escamas superficiales en los planos longitudinales (Figura 9).

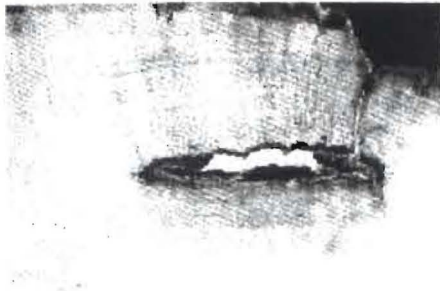
- Canales o bolsas de resina o goma, su formación se presenta cuando acebolladuras o daños al cámbium vascular producen espacios vacíos en el interior del tronco (Figura 10), que posteriormente se llenan de resina u otras sustancias de reserva, lo que afecta la apariencia de la superficie de las piezas, sus propiedades de resistencia y la obtención de madera aserrada de óptima calidad.



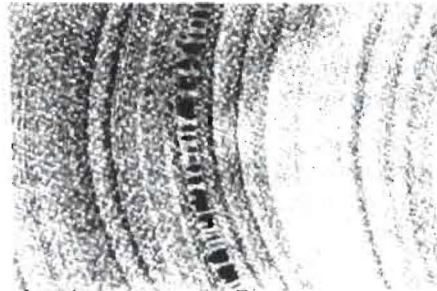
Figura 9. Escamadura o acebolladura.

Fuente: JUNAC, 1984b

Los canales de resina se observan en mayor cantidad después de que los árboles han pasado por un período de stress, pudiendo incluso, formarse en especies que en condiciones normales no los presentan, debido a una diferenciación atípica de las células del cámbium. (Schweingruber, 1996).



A



B

Figura 10. (A) Bolsillo de resina en una conifera y (B) escamadura en *Eucalyptus pauciflora* Sieber ex Spreng.; Myrtaceae, con abundancia de contenidos.

Fuente: Tippet 1986, citado en: Schweingruber, 1996.

- Fracturas o fallas de compresión (brittle heart), es el rompimiento interno y perpendicular de las fibras de la madera, a veces solo perceptible al microscopio. Macroscópicamente se observan en las superficies bien cepilladas de las piezas aserradas como líneas o arrugas finas de color claro, perpendiculares al grano, que interrumpen la continuidad de las fibras (JUNAC, 1984b).

Estas fallas resultan de la deformación permanente de las paredes celulares, como resultado de una compresión o una flexión por encima del límite elástico de los árboles en pie, ocasionada por la acción del viento, por el peso de la nieve, el proceso de apeo, transporte y almacenamiento de la madera, a causa de los grandes esfuerzos que se generan, y en general, por esfuerzos que ocasionen una acentuada curvatura en el tronco sin que llegue a quebrarse.

Se consideran un serio defecto debido a que deterioran profundamente las propiedades mecánicas de la madera, provocando que se quiebre inesperadamente.

- Duramen quebradizo, es una madera anormal que se observa más frecuentemente en árboles viejos y se forma esencialmente en la parte central del tronco cercana a la médula y en algunas zonas de las ramas. Caracterizándose por su color, consistencia y propiedades distintas al resto del leño, presenta una fragilidad anormal que propicia la formación de grietas anchas, sinuosas y profundas, debidas a esfuerzos internos, razón por la que es posible detectarla (JUNAC, 1984b).

### 1.5 Originados durante el secado

El alto contenido de humedad que contienen los troncos después de abatidos y aserrados, se considera, por si mismo, un defecto cuando la madera es puesta en obra, puesto que la gran mayoría de sus usos y métodos de preservación requieren madera seca al aire, término que se refiere a que el contenido de humedad dentro de las piezas se encuentre en equilibrio con el de la humedad del ambiente donde el elemento de madera habrá de usarse.

Debido a esta gran cantidad de humedad se hace necesario secarla, aumentando con esto su resistencia al ataque de hongos y de muchos insectos xilófagos, y considerando su necesaria disminución en peso y volumen, que en las maderas duras es del orden del 25 a 35%, y del 50% a 80% en las maderas blandas.

La disminución en volumen se observa en una apreciable contracción que puede causar la deformación de las piezas de madera durante el secado, porque no se verifica uniformemente en los sentidos radial, tangencial y axial, y además porque la humedad no es la misma en distintas partes del tronco. La contracción radial varía entre el 6 y el 10% y la contracción axial (en el sentido de las fibras) es de aproximadamente el 0,1%. Es importante recordar que los efectos del hinchamiento y la contracción pueden presentarse aún después de poner la madera en obra.

- Rajaduras, es la separación de las fibras de la madera en dirección al eje de la pieza aserrada que normalmente coinciden con los radios y cuyo desarrollo afecta totalmente el espesor de la pieza aserrada o dos puntos opuestos de una troza, es decir, que la atraviesa de un lado al otro. Pueden ser causadas por condiciones climáticas, daños mecánicos o tensiones internas de crecimiento en el árbol vivo, que se liberan a causa del apeo y transformación de su madera. Estas rajaduras en las piezas aserradas coinciden normalmente con las regiones de mayor fragilidad en el tronco como los radios y anillos de crecimiento y se presentan generalmente en los extremos, donde es más rápida la pérdida de humedad y la contracción que en la zona central (JUNAC, 1984b).

- Grietas, es la separación de las fibras de la madera en dirección al eje de la pieza aserrada que normalmente coinciden con los radios y cuyo desarrollo no alcanza a afectar el espesor de la pieza aserrada o dos puntos opuestos de una troza.

Se producen tanto en la madera aserrada como en los árboles en pie, caso en el cual reciben el nombre de corazón partido. Si es una sola grieta sensiblemente paralela al eje del tronco no es un defecto muy importante, pero cuando las grietas forman una estrella, llamada 'Pata de Gallina', que se extienden a todo el espesor del tronco, entonces constituyen un defecto grave que imposibilita totalmente la obtención de tablonés. En los árboles en pie, estas grietas son producidas por la contracción de las capas anuales al perder su vitalidad y por tensiones de crecimiento.

- Colapso, es la reducción irregular de las dimensiones de una pieza de madera ocurrida durante las primeras etapas del secado (Figura 11), cuando el contenido de humedad está por encima del punto de saturación de las fibras (PSF), muchas veces acompañada de grietas internas de forma ovalada típica.

- Alabeos, según JUNAC, 1984b, es la deformación que experimenta una pieza de madera por la curvatura de sus ejes longitudinales, transversales o de ambos. Los alabeos pueden presentarse de diversas formas, como se observa en la Figura 12, según la dimensión de la pieza que se vea afectada, así:

- Abarquillado, es la curvatura de los ejes transversales que hace que las aristas o bordes longitudinales no se encuentren en el mismo plano que la zona central, observándose un aspecto cóncavo o de barquillo.

- Arqueadura o Combado, cuando la curvatura se presenta a lo largo de las caras de la pieza.

- Encorvadura, cuando la curvatura se presenta a lo largo del canto de la pieza.

- Torcedura, cuando las esquinas de la pieza no se encuentran en el mismo plano que la zona central.



Figura 11. Colapso observado en dos tablonés de madera.

Fuente: JUNAC, 1989.

### 1.6 Originados durante el procesamiento

- Arista faltante, es la falta de madera en una o más aristas de una pieza.

- Escuadría irregular, cuando se observa una variación de la esquadria nominal de una pieza, producida por la desviación del plano de corte durante el maquinado.

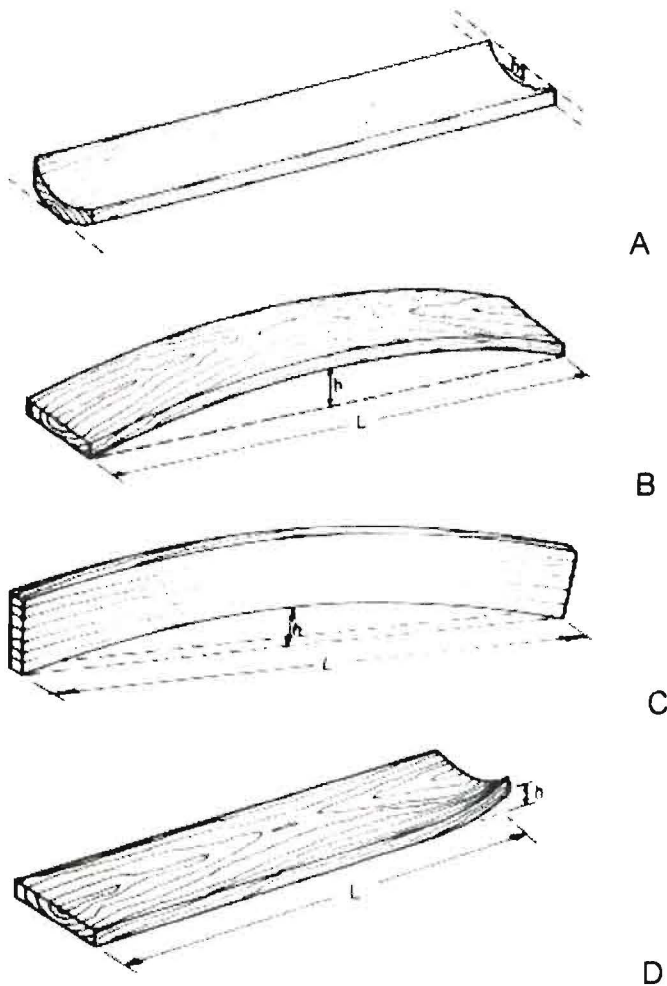


Figura 12. Diferentes tipos de alabeos, así: (A) Abarquillado, (B) Arqueadura, (C) Encorvadura y (D) Torcedura.  
Fuente: JUNAC, 1984b.

- Mala orientación, cuando las dimensiones de la pieza aserrada no han sido adecuadamente orientadas en los tres planos básicos y dan como resultado la ocurrencia de un grano inclinado u oblicuo (numeral 1.2).
- Defectos de trabajabilidad, se refieren a la respuesta de las maderas a procesos de cepillado, moldurado y taladrado, principalmente. Estos defectos pueden ser causados tanto por las características de las maderas y su tipo de grano, como por el mal uso de las herramientas durante el procesamiento, en cuanto a la velocidad de alimentación, a los ángulos de ataque y al afilado de las herramientas correspondientes.

Durante el cepillado y el moldurado los defectos más comunes son el grano arrancado, que se presenta cuando la madera se desfibra y el grano veloso, que se percibe como fibras levantadas en toda la superficie de la pieza (Figura 13). Durante el taladrado se

determina la velocidad de penetración de la herramienta, así como la calidad de la superficie.

En algunas piezas también puede observarse quemado o manchado de la superficie, debido al uso de una velocidad de procesamiento y a un afilado inadecuado de las herramientas.

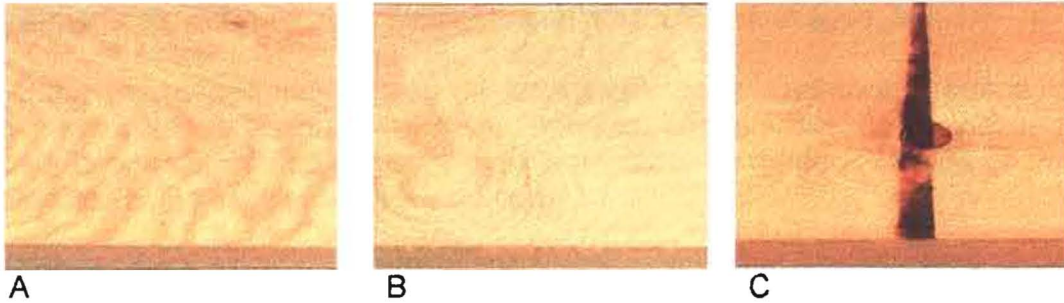


Figura 13. Defectos de trabajabilidad: (A) grano vellosa, (B) grano arrancado y (C) quemado de la superficie.

Fuente: [http://www.bricomundo.com/todosobre\\_defectos.htm](http://www.bricomundo.com/todosobre_defectos.htm)

## **Características necesarias para los diferentes usos**

### **2.1 Construcción de barcos**

Según Arroyo (1971) estas maderas deben tener características variadas según la parte de la embarcación donde se utilicen, diferenciando entre maderas para cubiertas, forros, armaduras, quillas y otros elementos en contacto con el agua, así:

- **Cubiertas:** deben estar libres de torceduras, poca contracción, buena dureza, buena resistencia al desgaste y a los agentes atmosféricos, poca absorción de humedad, buena durabilidad natural y peso moderado. La madera de teca de Birmania es reconocida como excelente para este uso.
- **Forros:** debe tener poca contracción, alta resistencia a la flexión y al impacto, debe absorber poca humedad, tener dureza moderada, permitir las uniones con clavos, buena resistencia al desgaste y a los agentes atmosféricos, conservar la pintura, y en el caso de aguas saladas, resistencia al ataque de taladrados marinos.
- **Armaduras:** alta resistencia a la flexión y al impacto, y en el caso de curvaturas pronunciadas, la capacidad de ser doblada al vapor conservando al máximo su resistencia, buenas características para realizar uniones y resistencia a la pudrición.
- **Quillas y otros elementos en contacto con el agua:** alta resistencia sin excesiva rigidez, alta durabilidad, baja absorción de humedad y resistencia a los taladradores marinos.

### **2.2 Construcción estructural**

JUNAC (1984a) aclara que la madera de uso estructural puede utilizarse en dos formas en una construcción; como madera vista, cuyas características de calidad son más estrictas, pues llevará un acabado transparente o natural y como madera cubierta, que podrá ser pintada o cubierta con enchapes, y esto permite una menor calidad en su apariencia y la presencia de algunos defectos.

Así mismo, Arroyo (1971) y Proexpo (1970), especifican que la madera a ser utilizada en construcción general para la elaboración de cerchas, amazones, vigas, formaletas, andamios y otros elementos estructurales en casas para vivienda y similares deben poseer altas propiedades de resistencia con relación a su densidad. Entre estas propiedades, las más importantes son el módulo de ruptura y módulo de elasticidad en flexión estática (MOR, MOE), la máxima resistencia a la compresión paralela (MOR), el esfuerzo al límite proporcional en compresión perpendicular (ELP) y una alta resistencia al cizallamiento.

La madera debe tener un contenido de humedad cercano o en el equilibrio del lugar donde será usada, esto garantiza su estabilidad dimensional y disminuye el riesgo de ataque de hongos e insectos, debe tener poca tendencia a agrietarse durante el



secado, baja a moderada contracción, permitir la unión con clavos, tornillos o conectores y proceder de árboles que permitan obtener piezas de dimensiones estructurales, y finalmente, si la madera se encuentra en un medio favorable para su pudrición o ataque de insectos, debe entonces considerarse su durabilidad natural, y su disposición para aceptar tratamiento preservante antes de ser puesta en uso (Proexpo, 1970).

Además, si los elementos leñosos van a ser utilizados en contacto con el agua o con la tierra, como es el caso de los puentes, esclusas, muelles de puertos y otros elementos similares, debe poseer excelente durabilidad natural, diferenciando las construcciones en contacto con agua dulce o de mar en el caso de que se requiera inmunizar la madera.

Deben también considerarse, en la selección de las maderas destinadas a uso estructural, las tolerancias en cuanto a la presencia de defectos especificadas en muchas normas de clasificación por calidad de la madera para este uso. Aquí se presenta como un buen ejemplo, la norma sugerida por JUNAC (1984a) sobre "Clasificación visual por defectos para madera estructural" cuyas tolerancias se presenta en la Tabla 1, de una manera resumida.

### 2.3 Construcción no estructural

En el caso de la madera para pisos, Proexpo (1970) aclara que es necesario diferenciar las maderas para la elaboración de pisos residenciales (listón machihembrado, parquet) con tráfico medio y aquellas para la elaboración de pisos industriales con tráfico pesado y permanente, además de pasos de escaleras y elementos torneados. JUNAC (1984a) y Arroyo (1971), concluyen que las maderas para este uso deben tener densidad moderadamente alta a alta, lo que significa que son maderas pesadas, con dureza satisfactoria y adecuada resistencia al desgaste, con buena apariencia, deben ser fáciles de trabajar sin excesivo desgarramiento del grano, no presentar torceduras y poseer baja a moderada contracción.

Los mismos autores al considerar las características de la madera indicada para la elaboración de marcos de puertas y ventanas, forros para cielo rasos y paredes, molduras, tapamarcos y zócalos, coinciden en afirmar que estas deben poseer densidad y durabilidad natural media o en caso contrario aceptar tratamiento preservador, deben además, dar buenos acabados y una excelente respuesta a procesos de trabajabilidad, con suficiente dureza para resistir el arranque o extracción de clavos y tornillos y buen comportamiento al encolado para su fijación. Cabe anotar que en este tipo de maderas se admiten algunos defectos como nudos sanos y mancha azul puesto que mejoran el contraste y el objetivo decorativo de estos elementos dentro de la construcción.

Tabla 1. Tolerancias especificadas en la norma "Clasificación visual por defectos para madera estructural".

DEFECTO	TOLERANCIA
Abarquillado	Se permite en forma leve, no mayor del 1% del ancho de la pieza
Arqueadura	Se permite 1cm por cada 3m de longitud
Torcedura	Se permite solo en forma muy leve y en una sola arista, hasta 1cm por cada 3m de longitud
Encorvadura	Se permite 1cm por cada 3m de longitud
Arista Faltante	Se permite en una sola arista donde las dimensiones de la cara y el canto deberán ser de por lo menos 3/4 de las dimensiones completas
Bandas Anchas de Parénquima	No se permiten en piezas sometidas a esfuerzos de compresión paralela al grano. Para otros usos si se permiten. Las bandas pueden ser máximo de 2mm de espesor
Duramen Quebradizo	Ninguna. No se permite
Escamadura o Acebolladura	No se permite en las aristas. Se permite en las caras si es paralela al eje de la pieza, con profundidad menor a 1/10 del espesor y longitud máxima de 1/4 de la total
Falla de Compresión	No se permiten
Grano Inclinado	Se permite en cara o canto, hasta un máximo de 1/8 de inclinación
Grietas	Se permiten moderadamente. La suma de sus profundidades, medidas desde ambos lados, no debe exceder 1/4 del espesor de la pieza.
Manchas	Se permiten, garantizando que sean sólo cambios de color no relacionados con pudrición
Médula Incluida	No se permite
Nudo Sano	Se permite hasta un diámetro de 1/4 del ancho de la cara, con un máximo de 4cm y con un distanciamiento entre ellos mayor de 1m
Nudo Hueco	Se permite hasta un diámetro de 1/8 del ancho de la cara y hasta un máximo de 2cm. Deben evitarse en cantos sometidos a tracción.
Nudos Arracimados	No se permiten
Perforaciones Pequeñas	Se permiten con distribución moderada y ocupando una zona menor de 1/4 de la longitud total de la pieza. Máximo 100 agujeros en 100cm <sup>2</sup> , no alineados ni pasantes
Perforaciones Grandes	Se permiten con distribución moderada y superficial. Máximo 3 agujeros por metro lineal, no alineados ni pasantes
Pudrición	No se permite
Rajaduras	Se permiten solo en uno de los extremos de la pieza y de una longitud no mayor al ancho o cara de la pieza.

Finalmente, la madera para ebanistería de lujo y carpintería requiere excelentes características de trabajabilidad (cepillado, taladrado, moldurado y lijado) y buen acabado, poca contracción, estar libre de grietas y torceduras, facilidad para el torneado, aceptar el encolado y las uniones mecánicas, tener una apariencia atractiva y admitir tratamiento preservador. Kribs (1968) asegura que este grupo requiere maderas no siempre finas pero si con una buena apariencia, lo que incluye principalmente el color, el grano, la textura y el veteado, con densidad de baja a media para ser utilizadas en la fabricación de puertas, ventanas, acabados de interior, gabinetes y muebles finos.

JUNAC (1984a) define además los siguientes requisitos de calidad general para las maderas destinadas a este uso, así:

- Contenido de humedad cercano o en el equilibrio del lugar donde será usada
- Estar libre del ataque de hongos xilófagos
- No debe poseer médula incluida ni rajaduras
- Las perforaciones causadas por insectos se permiten con un diámetro inferior a 3 mm, escasas y bien esparcidas (< de 10/m). Si el diámetro supera esta dimensión, solo se permiten hasta 2/m
- Solo se permiten nudos sanos, firmes, no mayores que el 25% del ancho de la pieza, con diámetro < a 25mm
- Defectos de secado (grietas y alabeos) deben ser leves

#### 2.4 Uso exterior

Según JUNAC (1984a), las características más importantes en una madera con este uso, es su capacidad para resistir la acción de agentes atmosféricos, lo que implica baja contracción o baja absorción de la humedad, o en su defecto, alta permeabilidad, desde el punto de vista de absorción y pérdida de humedad. Además debe tener poca tendencia a torcerse con los cambios de humedad y conservar la pintura. También buena resistencia a la pudrición, si se encuentra sometida a la acción prolongada de la humedad.

En el caso de madera utilizada para postes para cercas, deben aceptar clavos o grapas con facilidad o ser fáciles de perforar cuando la densidad es alta. También alta durabilidad natural o aceptar tratamiento preservante.

Las maderas para postes para líneas telefónicas y de electricidad deben poseer un desarrollo adecuado en diámetro y altura, excelente rectitud del tronco y aceptar tratamiento a preservante a vacío – presión (Arroyo, 1971).

#### 2.5 Pilotes en ambiente marino

En este caso las maderas deben poseer alta durabilidad natural, incluyendo al ataque de taladradores marinos, alta resistencia al impacto para soportar los golpes del martillo de impulsión y excelente rectitud con ausencia de nudos (Arroyo, 1971).

## 2.6 Chapas y contrachapado

Arroyo (1971), aclara que la enorme diversidad de usos a que se destina la madera en forma de chapas y contrachapado hace necesaria una amplia gama de características y la selección de materia prima con base en sus propiedades de resistencia, facilidad de encolado, ausencia de torceduras y grietas en la superficie y presencia de grano recto. Los contrachapado elaborados, también llamados triplex, pueden ser para uso en construcción, de uso general en la fabricación de puertas y ventanas, como revestimientos o como encofrados, y algunos con un objetivo decorativo.

Una buena apariencia es importante en las chapas decorativas, que se obtienen generalmente por acuchillado (en los planos longitudinal tangencial y/o radial) de trozas de poco diámetro y se las usa para chapas exteriores de triplex, enchapado de muebles, tableros de revestimiento y paneles decorativos (Proexpo, 1970). El arte del enchapado, desde la época preegipcia, ha sido considerado como un sistema práctico en la utilización de las cualidades decorativas de las maderas. Entre las chapas planas utilizadas para decoración, las más cotizadas son las obtenidas de las protuberancias irregulares de los troncos, como nudos, bifurcaciones, o de las raíces de diversos árboles, ya que las fibras forman bellos y decorativos dibujos (Editorial Blume S.A., 1978).

## 2.7 Durmientes

Deben tener alta resistencia a la compresión perpendicular y al cizallamiento, permitir la unión con tornillos, alta durabilidad natural o aceptar tratamiento preservante y poca tendencia a agrietarse durante el secado (Arroyo, 1971).

## 2.8 Embalajes

Son aquellas utilizadas en la elaboración de cajas, cajones y huacales para el embalaje y transporte de alimentos, estibas para el transporte de los mismos, formaletas y féretros, las cuales, según Arroyo (1971), deben tener una densidad relativamente baja para permitir el clavado, fáciles de aserrar y secar en estufa, aceptando tratamiento para aumentar su durabilidad en el caso de que requieran una vida útil más prolongada.

Además de lo anterior, el olor y el sabor de las maderas, que según Burger e Richter (1991), son características debidas a la presencia de sustancias volátiles presentes principalmente en el duramen, aumentando considerablemente su durabilidad natural e influyendo de una manera determinante en su utilización para embalajes, por ejemplo, en el caso del té, chocolates o de otros productos alimenticios, las maderas deben ser inodoras; pero en el caso de los tabacos la madera de cedro (*Cedrela odorata* L.; Meliaceae) mejora tanto su sabor como su aroma. Así mismo, se asegura que licores como el vino de Jerez, el güisqui y el ron, sólo adquirirán su peculiar aroma si maduran en toneles de las mejores maderas de las especies europeas de roble (*Quercus robur* L. y *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.; Fagaceae), de la especie americana (*Quercus alba* L.; Fagaceae) y de la nuestra (*Quercus humboldtii* Bonpl.; Fagaceae) los que además de

conservar el líquido también conservan sus vapores volátiles (Editorial Blume S.A., 1978).

Es necesario restringir en este tipo de elementos la presencia de médula, corteza, grano entrecruzado y nudos, especialmente en el caso de los toneles. En el caso de otros empaques de lujo, la presencia de nudos puede permitirse, siempre que estos sean pequeños y sanos y mejoren la estética de la pieza, al igual que un excelente acabado y apariencia.

En el caso de las formaletas o encofrados, importantes en la fase inicial de las estructuras de hormigón durante el proceso de fraguado del mismo, deben ser elaboradas de maderas comunes o contrachapados de baja densidad, resistentes a los golpes, con alta estabilidad dimensional y facilidad para uniones y para ser pulidas, dejando de esta forma, una superficie lisa en el hormigón y brindando la posibilidad de ser utilizadas varias veces (Editorial Blume S.A., 1978).

## 2.9 Palillos mondadientes, fósforos, cucharillas de helado, depresores linguales, juguetería infantil y similares

Burger e Richter (1991) señalan la importancia de que estas maderas carezcan de olor y sabor y Arroyo (1971) agrega que su color debe ser claro, su grano recto, su textura fina a media y deben poder hendirse con los dientes sin que se desfibren muy fácilmente y sin que sean quebradizas.

## 2.10 Carretería

Las maderas para la elaboración de carrocerías para camiones y vagones de ferrocarril, pisos para los mismos y estibas y escaleras laterales y similares debe poseer una excelente resistencia a la flexión, al impacto, alta dureza, alta durabilidad natural, o en su defecto, aceptar tratamiento preservante, grano recto, ausencia de nudos, facilidad para las uniones con clavos o tornillos, un contenido de humedad (CH) en equilibrio con el ambiente y un buen acabado.

## 2.11 Mangos de herramientas y cubiertos, armas, vehículos, implementos agrícolas y artículos atléticos y deportivos

Arroyo (1971) y Proexpo (1970), especifican que las maderas para la elaboración de botes deportivos, remos, bates para béisbol, raquetas de tenis, palos de golf, tacos de billar, esquís, gimnasios y similares, deben tener una densidad media, muy alta tenacidad o resistencia al impacto, grano recto, buena dureza, buena apariencia, excelentes características de trabajabilidad (cepillado, taladrado, moldurado y lijado) y estabilidad dimensional.

En el caso de los implementos agrícolas y vehículos, Kribs (1968), aclara que las características más importantes son la alta resistencia al impacto y a la flexión, unidas a un excelente comportamiento durante el secado con presencia de pocos defectos y facilidad para mantener las uniones, especialmente cuando se utilizan tornillos.

Agregando que en el caso de las armas, la principal y más deseable característica de las maderas es una alta estabilidad dimensional, unida a excelentes propiedades de trabajabilidad, a una textura uniforme, a suficiente resistencia al impacto sin excesivo peso y a un veteado acentuado, lo que aumenta considerablemente el valor comercial de estos objetos.

## 2.12 Instrumentos musicales y científicos

En esta categoría, Proexpo (1970), incluye elementos como tiples, guitarras, marimbas, teclas para pianos, escalas y otros instrumentos de precisión.

En el caso de los instrumentos musicales, cualquier madera dura sin defectos que afecten su fortaleza estructural sirve para su construcción, si bien hay algunas que son tradicionalmente preferidas. Entre las características más deseables están la alta densidad; ya que cuanto más densa sea la madera mayor será la resonancia del instrumento debido a que la absorción de vibraciones será menor, aunque esto comprometa su comodidad por el consiguiente aumento de su peso; la alta estabilidad dimensional, alta resistencia al impacto o tenacidad; ya que esto mejora sus características para soportar la tensión ejercida por las cuerdas y la resonancia obtenida en el instrumento; y la ausencia de nudos, que solo se aceptan en la zona del cuerpo siempre que sean sanos y firmes, puesto que pueden aportar una belleza muy especial en algunos casos. Las maderas más duras en el diapason producen sonidos más brillantes y agudos, y en contrapartida, las más blandas producen sonidos más graves y dulces (<http://www.marchab.com.ar/notamaderas.html>).

En este caso, Kribs (1968) agrega que las maderas no deben poseer ningún defecto de secado, además de una textura fina y uniforme y un grano recto. Y Editorial Blume S.A. (1978), relata como la construcción de instrumentos musicales dio origen a una rama especializada de la carpintería de lujo que suponía, en el caso de los pianos y otros instrumentos de teclado, un experto en el manejo de grandes superficies de madera de escaso grosor y en su ensamble, para obtener con ello una caja de resonancia adecuadamente sensible, y en el caso de las flautas, un experto en la elección de la clase y el grosor de la madera de que está hecha cada una, pues esto determina su tono.

Este último autor hace énfasis en la importancia de la elección del tipo de madera y de los árboles de los cuales está procedente al mencionar como, la madera de falso plátano (*Acer pseudoplatanus* L.; Aceraceae) utilizada tradicionalmente en Europa central para la elaboración de violines procede de plantaciones manejadas exclusivamente para este propósito, donde los árboles no son talados hasta que tienen más de cincuenta años y sus troncos son aserrados radialmente y en forma de gruesas cuñas.

## 2.13 Lápices

Este uso requiere maderas con densidades bajas a medias, textura uniforme, grano recto, sin presencia de nudos, con buena estabilidad dimensional y excelentes acabados.

## 2.14 Moldes y plantillas

Como es el caso de modelos de moldes de fundición, patrones, hormas, lanzaderas para la industria textil etc, deben poseer alta densidad, excelente estabilidad dimensional y buena durabilidad natural y acabados. Kribs (1968), considera que además, deben poseer una textura uniforme y estar libres de nudos.

## 2.15 Pulpa, papel y tableros aglomerados

La tecnología para la elaboración de este tipo de productos se ha adaptado rápidamente a una amplia diversidad de características, empleándolas en la producción de un sinnúmero de materiales cuya materia prima varía considerablemente en cuanto a la longitud de los elementos celulares y a la densidad, sin embargo puede decirse, de una manera general, que son preferidas las maderas con densidades de bajas a medias, colores claros que implican pocos contenidos celulares, poca cantidad de células de parénquima, sin presencia de nudos, con buenas características para la formación de la hoja de papel y para aceptar adhesivos.

## 2.16 Talla, escultura y tomeado

Kribs, (1968) en el caso de la talla y la escultura considera que también estas maderas deben poseer una alta estabilidad dimensional que impida la presencia de grietas y rajaduras; muy buenas características de trabajabilidad, textura uniforme, ausencia de nudos o tejido de cicatrización, densidad media, resistencia a la abrasión y al impacto y una bellísima apariencia que considere principalmente el color, el grano recto, el veteado y la textura.

La madera seleccionada para ser torneada debe poseer alta dureza y densidad de media a alta, excelente estabilidad dimensional, grano recto, ningún nudo y textura fina, no fibrosa.

El atractivo de la madera para estos usos reside en la riqueza y variedad de su grano y colorido y en sus innumerables matices y texturas que permiten infinitas variaciones y expresiones artísticas (Editorial Blume S.A., 1978).

## Características y clasificación de las maderas

Las siguientes categorías serán una ayuda fundamental en el momento de aclarar e interpretar valores numéricos que se refieran a términos como: excelentes características de trabajabilidad, poca contracción y alta resistencia al cizallamiento, entre otros.

### 3.1 Densidad básica

JUNAC (1984a), aclara que las propiedades mecánicas de la madera, especialmente su esfuerzo o módulo de rotura en flexión (MOR), están correlacionadas con la densidad básica, razón por la que se agrupa y clasifica a las maderas para uso en construcción estructural en tres categorías resistentes, de acuerdo a sus valores de densidad básica (Db), como lo muestra la Tabla 2, así:

Tabla 2. Clasificación de la madera para uso en construcción estructural de acuerdo a sus valores de densidad básica.

Categoría	Densidad básica (g/cm <sup>3</sup> )	Resistencia
A	0.71 – 0.90	Alta
B	0.56 – 0.70	Media
C	0.40 – 0.55	Baja

### 3.2 Densidad seca al aire

JUNAC (1984a) también clasifica las maderas de construcción no estructural de acuerdo a sus valores de densidad seca al aire Dsa (CH ≈ 15%), como se muestra en la Tabla 3, así:

Tabla 3. Clasificación de la madera para uso en construcción no estructural de acuerdo a sus valores de densidad seca al aire.

Categoría	Densidad seca al aire (g/cm <sup>3</sup> )	Características
Maderas duras o pesadas	0.88 – 1.12	Durabilidad natural alta, excepto albura No requieren preservación
Maderas medianamente duras	0.72 – 0.88	Durabilidad natural media, requieren preservación
Maderas blandas	0.40 – 0.72	Durabilidad natural baja, requieren preservación



### 3.3 Dureza

Arroyo (1971) clasifica la madera según su dureza en las categorías que muestra la Tabla 4, así:

Tabla 4. Clasificación de la madera de acuerdo a sus valores de dureza.

Categoría	Dureza (Kg)
Maderas muy duras	> a 1285
Maderas duras	de 912 a 1285
Maderas semiduras	de 518 a 912
Maderas blandas	< a 518

Es preciso anotar que la dureza es un excelente parámetro para tener una idea sobre la resistencia al desgaste, puesto que en general, maderas duras serán más resistentes a dicho efecto.

### 3.4 Propiedades Físicas

Proexpo (1970) establece los siguientes criterios para la interpretación de los valores obtenidos en la determinación de las propiedades físicas de las maderas, así:

- La Tabla 5 muestra la clasificación de las maderas según sus valores de densidad anhidra (CH  $\approx$  0 %), así:

Tabla 5. Clasificación de la madera de acuerdo a sus valores de densidad anhidra.

Categoría	Densidad anhidra (g/cm <sup>3</sup> )
Muy liviana	< de 0.35
Liviana	de 0.36 a 0.55
Medianamente pesada	de 0.56 a 0.75
Pesada	de 0.76 a 1.0
Muy pesada	> de 1.0

- La Tabla 6 muestra la clasificación de las maderas según sus valores de contracción volumétrica total (del estado verde al anhidro) y normal (del estado verde a seco al aire).

Tabla 6. Clasificación de la madera de acuerdo a sus valores de contracción volumétrica total y normal.

Categoría	Contracción volumétrica total (CH > 30 a $\approx$ 0 %)	Contracción volumétrica normal (CH > 12 a $\approx$ 0 %)
Pequeña	< de 10%	< de 4.5 a 5%
Moderada	de 10 a 15%	de 4.5 a 7.5 %
Alta	de 15 a 20%	de 7.5 a 11%
Muy alta	> de 20%	> de 11%

- Las maderas se clasifican según su estabilidad dimensional con base en el coeficiente de estabilidad dimensional, calculado como la relación entre la contracción radial y la tangencial de una madera, como lo muestra la Tabla 7, a continuación:

Tabla 7. Clasificación de la madera de acuerdo a su estabilidad dimensional.

Categoría	Descripción	Coeficiente de estabilidad dimensional (%)
Favorable	madera muy estable dimensionalmente	< de 1.5
Normal	madera normalmente estable dimensionalmente	de 1.5 a 1.8
Desfavorable	madera inestable dimensionalmente	> de 1.8

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS  
 IANIGLA  
 INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

### 3.5 Propiedades Mecánicas

Escobar y Rodríguez (1993) citando a DIN y ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS), hacen, en la Tabla 8, una recopilación de categorías para la clasificación de los valores obtenidos en la determinación de las propiedades mecánicas, ajustadas al 12%.

### 3.6 Trabajabilidad

Según IBDF (1988), para la determinación del uso adecuado de una madera, principalmente cuando el efecto de la superficie de la misma es de primordial importancia, como en el caso de la carpintería, ebanistería de lujo y talla y escultura, entre otros, es necesario conocer su mayor o menor facilidad para ser trabajada con máquinas a fin de conseguir la superficie adecuada para la utilización prevista. En relación con esto ASTM (1986) permite calificar y describir el estado de la superficie de las piezas aserradas (Tabla 9), después de procesos de cepillado, moldurado y taladrado, cuando estas se encuentran con un contenido de humedad seco al aire, en una escala de 1 a 5.

Tabla 8. Recopilación de categorías para la clasificación de los valores obtenidos en la determinación de las propiedades mecánicas, ajustadas al 12%.

Clasificación	Impacto (kg-m/cm <sup>2</sup> )	Flexión ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	Flexión MOE x 1000 (kg/cm <sup>2</sup> )	Cizallamiento Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muy alta	> 1.45	1780 a 2040	213.8 a 242.3	167 a 151
Alta	0.85 a 1.44	1520 a 1779	185.3 a 213.7	150 a 133
Algo alta	---	1260 a 1519	156.8 a 185.2	132 a 115
Mediana	0.50 a 0.84	1010 a 1259	128.3 a 156.7	114 a 95
Algo mediana	---	755 a 1009	99.8 a 128.2	94 a 74
Baja	0.35 a 0.49	510 a 754	71.3 a 99.7	73 a 56
Muy baja	< 0.35	265 a 509	43.8 a 71.2	55 a 31

Clasificación	Dureza Extremos (kg/cm <sup>2</sup> )	Dureza Lados (kg/cm <sup>2</sup> )	Compresión    Esfuerzo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Compresión ⊥ Esfuerzo límite proporcional (kg/cm <sup>2</sup> )
Muy alta	>1515	>1500	> 1050	> 180
Alta	1514 a 1195	1105 a 1499	750 a 1000	110 a 175
Algo alta	1194 a 915	800 a 1104	---	----
Mediana	914 a 660	540 a 799	575 a 725	70 a 105
Algo mediana	659 a 455	335 a 539	----	----
Baja	454 a 275	175 a 334	475 a 550	45 a 65
Muy baja	274 a 110	40 a 174	< 450	< 40

Tabla 9. Clasificación del estado de la superficie de las maderas según su mayor o menor facilidad para ser trabajadas.

Clasificación de la superficie de la madera	Grado o Calificación
Excelente	1
Buena	2
Regular	3
Mala	4
Muy Mala	5

## Glosario de términos



**ALBURA:** Parte externa del leño, situada entre el duramen y la corteza, compuesta de elementos celulares activos y caracterizada por ser generalmente de coloración clara.

**ANGIOSPERMA:** Plantas con flores, que tienen la semilla o semillas encerradas en el ovario.

**ANILLO O CAPA DE CRECIMIENTO:** Capas concéntricas, vistas en el plano transversal de una pieza de madera, que corresponden al leño producido durante cada período de crecimiento.

**CIZALLADURA:** Esfuerzo o falla que se presenta en la pieza de madera cuando se encuentra sometida a diferentes cargas que la llevan al desplazamiento de dos caras adyacentes.

**COMPRESIÓN PARALELA A LAS FIBRAS:** Esfuerzo que actúa en el sentido axial de una pieza de madera y que tiende a producir un acortamiento de las fibras.

**COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LAS FIBRAS:** Esfuerzo que actúa en sentido perpendicular de una pieza de madera y que tiende a producir un aplastamiento de las fibras.

**CONÍFERAS:** Árboles que producen sus frutos en conos y hojas en forma de acículas o escamas persistentes, pertenecientes a las gimnospermas.

**CONTENIDO DE HUMEDAD (CH):** Cantidad de agua contenida en la madera, generalmente expresada como porcentaje de su peso anhidro.

**CONTENIDO DE HUMEDAD EN EQUILIBRIO (ECH):** Cantidad de agua contenida en la madera cuando esta se encuentra en equilibrio con la atmósfera circundante o seca al aire.

**CORTE DESEENROLLADO:** En el cual la madera gira sobre un eje longitudinal contra una cuchilla, permitiendo obtener una chapa continua.

**CORTE REBANADO:** En el cual la madera no gira al pasar por la cuchilla cortadora, obteniendo de esta manera chapas seccionadas y paralelas a la longitud de la troza.

**CHAPA:** Hoja delgada de madera, de espesor uniforme, obtenida por desenrollado, rebano o serrado y que se empela en la fabricación de madera contrachapada.

**DURAMEN:** Parte interna del leño del árbol rodeada por la albura y caracterizada por ser de coloración más oscura.

**DURABILIDAD NATURAL:** Propiedad de la madera de resistir en mayor o menor grado el ataque de agentes destructores bajo condiciones de servicio.

**DUREZA:** Medida de la resistencia a las abolladuras, indentaciones y rallado, que presenta una pieza de madera, se calcula determinando la fuerza que se requiere para encajar en una muestra una semiesfera de acero de un área de  $1 \text{ cm}^2$ , hasta la mitad de su diámetro. Suele denominarse dureza Janka al ensayo para determinar esta propiedad.

**DURMIENTE O TRAVIESA:** Pieza de madera que se usa para apoyar los rieles de ferrocarril, de dimensiones especificadas que por lo general son de  $4 \times 4 \text{ cm}$ .

**ESFUERZO EN EL LÍMITE PROPORCIONAL (ELP):** Tensión interna máxima que puede resistir una pieza de madera, sin que se produzcan deformaciones de carácter permanente.

**FIBRAS:** Células de color oscuro, muy abundantes en la madera de las angiospermas, presentan gran longitud y paredes gruesas.

**FLEXIÓN ESTÁTICA:** Esfuerzo interno de una pieza de madera (viga) que se presenta cuando se encuentra apoyada en sus extremos y es sometida a una o más cargas externas.

**GIMNOSPERMA:** Plantas que tienen las semillas al descubierto o por lo menos sin la protección de un verdadero fruto. Por ejemplo, los pinos y abetos.

**MÓDULO DE ELASTICIDAD (MOE):** Una constante de proporcionalidad entre resistencia y deformación que indica la habilidad de recuperar su forma original, es el parámetro de rigidez de un material, a mayor valor numérico mayor la rigidez.

**MÓDULO DE RUPTURA (MOR):** Carga máxima que mide la capacidad de una viga (muestra) para soportar una carga aplicada lentamente y durante un tiempo breve.

**PARED CELULAR:** Estructura leñosa que rodea la célula vegetal.

**PARÉNQUIMA:** Tejido de color claro, constituido por células con forma rectangular y paredes delgadas, especializadas en el almacenamiento de sustancias de reserva. Puede ser axial o radial.

**PLANO RADIAL (R):** Plano de corte de la madera paralelo a las fibras siguiendo la dirección de los radios.

**PLANO TANGENCIAL (T):** Plano de corte de la madera paralelo a las fibras, tangente a los anillos de crecimiento y perpendicular a los radios

**PLANO TRANSVERSAL (X):** Plano de corte de la madera perpendicular a las fibras, es el plano en el que mejor se observan las variadas disposiciones de los tejidos leñosos para su identificación.

**PRESERVACIÓN:** Técnica para proteger y prolongar la vida útil de la madera mediante la aplicación de sustancias químicas que impiden su destrucción por agentes biológicos.

**PUNTO DE SATURACIÓN DE LAS FIBRAS (PSF):** Contenido de humedad de la madera en el cual el agua libre ha sido eliminada completamente en tanto que las paredes celulares se mantienen saturadas.

**RADIOS:** Agregado de células de parénquima dispuestas en el sentido radial con relación al eje del árbol. En el plano transversal se observan como numerosas líneas rectas cercanas, generalmente más claras, que se extienden desde la médula hasta la corteza.

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN:** Cualidad de un material de ser curvado o doblado sin quebrarse o romperse.

**CONTRACHAPADO:** TABLERO formado por tres o más chapas de madera pegadas por medio de adhesivos, por lo general dispuestas en forma tal que el grano de una chapa forme ángulo recto con la chapa adyacente.

**TENACIDAD O IMPACTO:** Propiedad que tiene la madera de absorber energía, al aplicarse una carga que actúa en forma instantánea.

**TENSIÓN O TRACCIÓN:** Esfuerzo que presenta la madera cuando está sometida a fuerzas de tracción que tienden a alargar las fibras tanto en el eje del tronco como en el perpendicular, lo contrario ocurre en la compresión.

**ZONA FIBROSA:** Capas estrechas de coloración más oscura y constituidas casi exclusivamente de tejido fibroso, que se caracterizan por la ausencia o menos cantidad de parénquima y poros.

**VACÍO-PRESIÓN:** Método que consiste en la aplicación del preservante a la madera sometida previamente a la acción del vacío y luego a la acción de presiones superiores a la atmosférica.

## Referencias Bibliograficas

ARROYO, P., Joel. 1971. Clasificación de Usos y Esfuerzos de Trabajo para Maderas Venezolanas. Ministerio de Agricultura y Cría - Universidad de los Andes, Laboratorio Nacional de Productos Forestales. 89 p.

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS) .1986. D-1666-64 (R-1981). *Annual Book Of Astm Standards*. 04(09) Wood: 348-373.

BM. BRICOMUNDO. COM. Todo sobre defectos de la madera [online]. URL: [http://www.bricomundo.com/todosobre\\_defectos.htm](http://www.bricomundo.com/todosobre_defectos.htm)

BURGER, L. M. e RICHTER, H. G. 1991. Anatomia da Madeira. Sao Paulo: Nobel. 154 p.

EDITORIAL BLUME S.A. 1978. La Madera. Barcelona. 271 p.

ESCOBAR C., y J.R. RODRÍGUEZ G. 1993. Las maderas en Colombia. Medellín: SENA. Regional Antioquia-Chocó. fascículo 00.

IBDF (INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL). 1988. Maderas da Amazonia: Características e utilização; Estação Experimental de Curuá-Una. Brasilia. Volumen II. 236 p.

ICONTEC (INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN). 1973. Maderas, Glosario de Defectos, Norma Técnica Colombiana 824. 9 p.

IPT (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SAO PAULO). 1989. Manual de Preservação de Madeiras. Volume I. 342 p.

JUNAC (JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA). 1984a. Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino. Junta del Acuerdo de Cartagena PADT-REFORT. Lima-Perú.

\_\_\_\_\_. 1984b. Manual de clasificación visual para madera estructural. Junta del Acuerdo de Cartagena PADT-REFORT. Lima - Perú. 74 p.

\_\_\_\_\_. 1988. Manual del Grupo Andino para la Preservación de Maderas. Cali: Talleres Gráficos Carvajal S.A.

\_\_\_\_\_. 1989. Manual del Grupo Andino para el Secado de Maderas. Cali: Talleres Gráficos Carvajal S.A.

KRIBS, D.A. 1968. Commercial foreign woods on the market. New York. Dover Publications, Inc. 241 p.

LAS MADERAS. [online]. URL: <http://www.marchab.com.ar/notamaderas.html>.

PROEXPO (FONDO DE PROMOCIÓN DE EXPORTACIONES). 1970. Maderas Colombianas. Bogotá, Colombia. 177 p.

Schweingruber, F. H. 1996. Tree Ring and Environment Dendroecology. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt. 609 p.

\_\_\_\_\_. 2001. Dendroökologische Holzanatomie. Anatomische Grundlagen der Dendrochronologie. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt. 472 p.

TIPPET, J.T. 1986. Formation and fate of Kinoveins in *Eucalyptus* 1'Hérit. IAWA, bull. 7: 37 – 143. Citado por Schweingruber, F. H. 1996. Tree Ring and Environment Dendroecology. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt. 609 p.

USDA. 2001. Formation and Properties of Juvenile Wood in Southern Pines: a synopsis. LARSON, P. et al. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 42 p.

VÁSQUEZ C., A. M. 2002. La Madera, Una Visión Macroscópica. Manual de Descripción. Investigación (Profesor Asociado). Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 61 p.