

LA MADERA

La madera es un material heterogéneo compuesto por varios tipos de células que cumplen distintas funciones en un árbol. Cuando este vive. Es quizás el único material de construcción cuyo origen es un ser vivo (independientemente de algunas calizas carbonas, bituminosas, ... que han sufrido un importante proceso de transformación físico químico)

La madera de cada especie esta caracterizada por ciertas partículas de naturaleza y disposición de las células que la constituyen. Es importante, para comprender mejor la composición y distribución de este material, relacionar función y estructura.

- ESTRUCTURA
- Estructura macroscópica

Anatomía del tronco. Partes diferentes que componen el tronco desde la medula hacia la corteza.

1- Duramen, 2-Albura, 3-Cambium, 4-Floema, 5-Corteza

: Modulo o Xilema (parte central del árbol)

Proporciona a la planta la resistencia mecánica necesaria para soportar el peso del follaje compuesto por:

-Duramen (parte interna del tronco) Madera mas antigua que ha sido desplazada hacia el interior, muere y el contenido de sus células sufre transformaciones químicas que normalmente la oscurece.

-Albura (parte externa bajo la corteza) Madera nueva que se superpone a la ya presente. Es funcionalmente activa (forma los conductos por los que asciende la sabia bruta).

-Cambium (intermedio entre albura y corteza) Rodea las partes vivas del árbol y sus células se dividen dando lugar a nuevas células leñosas (de madera, albura) hacia la cara interna y nuevas células en el liber (por las que transcurre la sabia elaborada) Son los anillos visibles concéntricos de crecimiento.

Que los anillos concéntricos este mas o menos marcados depende de las causas genéticas pero principalmente de las condiciones de crecimiento. En países templados donde las diferencias estacionales son muy marcadas, esta huella queda marcada en la madera que produce el cambio, mientras que en países tropicales, donde el periodo de crecimiento es todo el año, y por lo tanto intensivo (no estacional), esta huella apenas es visible.

-Liber o floema (parte interna de la corteza) Formada por conductos por los que transcurre la savia elaborada para distribuirse en forma de disolución por la planta y ser utilizada inmediatamente o tras un periodo de almacenamiento para formar nuevos tejidos.

-Corteza (capa exterior) En algunas especies (alcornoque) tiene una potencia y unas características especiales que hacen posible su utilización por diferentes usos (corchos)

-Radios medulares Laminas de desarrollo radial. Generalmente compuestos por células de reserva (de almacenamiento de sustancias nutritivas que producen las hojas).

- Estructura microscópica

Como todas las plantas verdes, los árboles fabrican en sus hojas las sustancias para su crecimiento mediante el

proceso de fotosíntesis. Esta es una reacción química compleja en la que obteniendo de la luz solar la energía necesaria, el dióxido de carbono del aire se combina con el agua absorbida del suelo para formar azúcares. Esta reacción requiere clorofila verde, que proporciona la coloración de las hojas.

El agua del suelo debe realizar un recorrido ascendente hasta el lugar donde produce esta reacción química, las hojas.

Raíz (agua + sales) Savia ascendente a través de los vasos albura.

Hojas (día) Savia elaborada. A través de los vasos de liber.

Este ciclo se completa a través de unas células:

- Células vasculares : Conducen la savia ascendente, alargadas y paralelas al eje del tronco.
- Células de sostén : Fibras leñosas o traquiedas, proporcionan resistencia, pequeñas membrana gruesa.
- Células de nutrición : También llamadas parenquimatosas, almacenan la fécula, radios medulares.

- Composición química

Composición elemental: Carbono, Nitrógeno, Hidrógeno, oxígeno.

Componentes químicos: Celulosa 40% – 50%, Lignina 24 – 28%, Hemicelulosas 20 – 25%, resinas, ceras, taninas.

La lignina da rigidez a la madera.

- PRINCIPALES MADERAS UTILIZADAS
- Gimnospermas (coníferas)

Fueron las primeras plantas con semillas, forma dominante de las plantas vivientes hasta las variaciones climatológicas fueron eliminándolas para evolucionar y dar surgimiento a las plantas con flores (angiospermas) iniciaron su evolución hace 430 millones de años (era primaria). Existen en zonas frías y templadas. Las mas importante son las coníferas, de ahí su denominación como madera de coníferas.

- ♦ Pino Silvestre.– Característico en España. Rojizo, grano fino, fácil de labrar.
- ♦ Pino Melis.– veta mas -----.
- ♦ Pino Negral.– Mas resinas . Bueno para cargas estáticas, malo para cargas dinámicas. Empleado en construcción.
- ♦ Pino Tea.– Sin nudos , compacto, resistente y muy veteado (EEUU, Canadá).

En las coníferas las células de sostén y las células conductoras forman el mismo tejido.

- Agimnospermas (frondosas)

Plantas con flor con cambios evolutivos hace 125 millones de años. Características de las zonas templadas, tropicales.

Se dividen en dos grandes grupos, monocotiledóneas (palma, bambú,...) y dicotiledóneas (arbustos, herbáceas, frondosas,...).

La mayor parte de la madera comercial de este grupo pertenece a la especies frondosas por lo que se justifica esta denominación vulgar para englobarlas.

- ♦ Roble.– Pardo aleonado, dura, resistente, tenaz, poco alterable, de labra fácil, Resistente a alternancias de humedad.
- ♦ Haya.– Veta muy fina, rojizo, madera clara, mala resistencia a las alteraciones de humedad, fácil alabeo, muy deformable. Mobiliarios y chapados.
- ♦ Olmo.– Blanco amarillento en albura, rojo en duramen, a veces sustituye al roble. Cubiertas en casas tradicionales.
- ♦ Chopo.– Muy blanda y poco densa, color blanco.
- ♦ Sauce.– Aumenta mucho de volumen, poco densa. Para cuñas. NO utilizar en construcción.
- ♦ Castaño.– Muy utilizada en nuestra zona. Dura, color tostado oscuro.
- ♦ Nogal.– Albura blanca y agrisada y duramen rojo. fácil de trabajar, pequeña contracción, Muy importante en España. Alto precio. Laminas pegadas en contra chapados.

Tropicales:

- ♦ Ébano.– Duramen negro, albura amarilla, grano muy fino, gran densidad, no flota.
- ♦ Ekume.– Color asalmonado, muy dura, pulida presenta vetas nacaradas, difícil de trabajar.
- ♦ Jatoba.– Roja, muy dura, oscurece. Importante en pavimentos.
- ♦ Caoba.– Ebanistería, buena calidad frente a variaciones, rojiza.
- ♦ Balsa.– Madera más ligera, pero con gran resistencia.

Otros tipos:

- ♦ Cerezo, Palo santo, Ukola, ... (de uso en ebanistería).

- Diferencias entre confieras y frondosas

A simple vista con una lupa, es fácil distinguir en una superficie transversal limpia, si una madera es de confiera o de latifolia.

· En las confieras las células de sostén y las células conductoras forman un mismo tejido, por lo tanto las confieras carecen de vasos (poros o vasos leñosos vistos en sección transversal). Estas células se disponen longitudinalmente, formando la mayor parte de la madera.

· Las confieras pueden presentar canales resiníferos.

· La estructura de las latifolias es mucho mas compleja al poseer células especializadas en cada función.

· Las frondosas poseen en su constitución mayor cantidad y formas de presentar en parénquima.

· Los radios leñosos de las latifolias varían mas en altura y anchura mientras la madera de las confieras lo tienen por lo general uniserados.

- PROPIEDADES DE LA MADERA:

3.1 Físicas: 3.2 Químicas:

3.1.1 Anisotropía. 3.2.1 Dureza 3.2.2.1 Compresión

3.1.2 Deformabilidad 3.2.2 Resistencia 3.2.2.2 Tracción.

3.1.3 *Peso específico.* 3.2.2.3 *Corte.*

3.1.4 *Propiedades Térmicas* 3.2.2.4 *Flexión.*

3.1.5 *Propiedades Eléctricas* 3.2.3 *Elasticidad.*

3.1.6 *Durabilidad* 3.2.3 *Fatiga.*

3.2.4 *Hendibilidad.*

3.1 FÍSICAS

3.1.1 ANISOTROPIA.–

Las propiedades física y mecánicas no son las mismas en todas las direcciones.

La madera es un material de fibras orientadas.

El estudio de la madera deberá hacerse en tres dimensiones principales

- Axial: dirección paralela al eje de crecimiento
- Radial: perpendicular a la primera y cortando el eje de crecimiento
- Tangencial: normal a los anteriores

¿Cómo le afecta la humedad? El agua es un material intrínseco de la madera.

Contiene agua en tres formas:

- Agua de constitución.– forma parte de la materia. Eliminable solo mediante el fuego.
- Agua de saturación.– contenidas en las paredes microscópicas. Eliminable calentando a 100° – 110° C. En estufas, modifica las propiedades físico-químicas de la madera.
- Agua libre.– contenida en los vasos (en mercado sin este tipo). Superado el punto de saturación.

Solamente las dos ultimas definen la humedad de la madera.

La humedad de la madera, se expresa como:

$H_s \text{ (humedad en peso seco) } = ((P \text{ (peso de madera húmeda) } - p) \times 100) / p$

$H_h \text{ (humedad en peso húmedo) } = ((P - p \text{ (peso de Madera seca)}) \times 100) / p$

Es un material giroscópico, es decir, tiende a alcanzar equilibrio con el aire ambiente y modifica su volumen, con hinchamientos, fendas y mermas. La madera tiene mas agua en verano y varia según el espesor.

Podemos distinguir entre varias maderas:

- ◆ Madera verde: en pie o cortada reciente, con gran cantidad de agua libre. Humedad > 100%. No uso para construcción.
- ◆ Madera saturada: sin agua libre. Humedad 30%. Máximo nivel de agua de absorción.
- ◆ Madera semiseca: 30 – 23%.

- ◆ Madera comercial seca: 23 – 18%.
- ◆ Madera secada al aire: 18 – 13%.
- ◆ Madera desecada: < 13%.
- ◆ Madera anhidra: 0%.

HUMEDAD MEDIA INTERNACIONAL 15%

HUMEDAD MEDIA NACIONAL 13%

APARTIR DEL 30% DE HUMEDAD NO SE MODIFICAN SUS PROPIEDADES

¿cómo se debe seleccionar la madera?

- ◆ Obra hidráulicas.– 30%
- ◆ Medios húmedos.– 25 – 30%
- ◆ Andamios, encofrados, cimbras.– 18 – 25%
- ◆ Cubiertas ventiladas.– 16 – 20%
- ◆ Cubiertas cerradas.– 13 – 17%
- ◆ Local calentado y cerrado.– 12 – 14%
- ◆ Local calefactado.– 10 – 12%

En función del uso debemos medir y ensayar la madera a utilizar. La madera tiene mas agua en verano y varia según su espesor. Es un material giroscópico (tiende a alcanzar equilibrio con el aire ambiente) que modifica su volumen.

3.1.2 DEFORMABILIDAD

La madera cambia de volumen al variar su contenido de humedad. Las variaciones de volumen al ser un material anisótropo varían.

Dirección axial 6% máximo

Dirección radial

Dirección tangencial .– máxima deformación.

El agua se elimina o absorbe de las paredes de las fibras leñosas que las acerca o las aleja.

Punto de saturación.– contenido de humedad para el cual las paredes de las fibras han absorbido el máximo de agua.

Por lo tanto el punto de saturación coincide con el máximo volumen.

El punto de saturación = 30% humedad.

· Punto de saturación = 30% humedad

Deformación volumétrica total.– es la variación de volumen entre los estados saturado y seco.

Coefficiente de contracción volumétrica.– es la variación que corresponde a una variación de humedad de un 1%.

$U = (V_h - V_a) / (V_a \cdot h) \cdot 100$ V_a = Volumen 0% (volumen anhidro)

V_h = Volumen H = x% (volumen con una h)

En función a este coeficiente se clasifican las maderas:

- ◆ Maderas de débil contracción.- $U = 0,15 - 0,35\%$ (estructuras).
- ◆ Maderas de contracción media.- $U = 0,35 - 0,55\%$
- ◆ Madera de fuerte contracción.- $U = 0,55 - 1\%$

La diferencia entre las contracciones radial y tangencial, es la consecuencia de los cambios de forma de la madera betal. (depende de la posición de la pieza del árbol).

3.1.3 PESO ESPECIFICO

La madera es un material con poros, los cuales podemos considerarlos o no al determinar el volumen de una probeta.

Peso específico aparente = $\text{Peso} / \text{Volumen aparente}$

Si del volumen aparente eliminamos los poros obtenemos:

Peso real = $\text{Peso} / \text{Volumen real}$.

Cuanto mejor sea la madera, mas cerca van a estar los dos pesos, y por tanto, mayor resistencia. Cuanto más separamos estén los dos pesos, peor resistencia.

El peso específico real es prácticamente igual para todas las especies.

$P = 1.56 \text{ Kg} / \text{dm}^3$ (aproximado)

Pero el peso específico aparente varia mucho en función del contenido de humedad.

Influye en : 1.- Variaciones de volumen.

2.- Capacidad de resistencia. (peso específico alto, pocos poros, y mucha materia resistente),

3.1.4 PROPIEDADES TERMICAS

Como todos los materiales la madera dilata con el calor, y se contrae al descender la temperatura. En la madera sin embargo se contrarresta con la variación de humedad.

Mal conductor del calor (seco). La madera humedad y ligera es menos aislante.

CONDUCTIVIDAD

Mal conductor de calor cuando esta seca. Esta cualidad esta relacionada con su estructura, fibrosa, con poros y alvéolos. La madera húmeda y ligera transmite mejor el calor. Tiene un coeficiente de conductividad muy bajo.

Madera	$K = 0.12 - 0.18$
Hierro forjado	$K = 30$

Hormigón armado	K = 1.30
Ladrillo macizo	K = 0.75

(K es la cantidad de calorías que atraviesan en una hoja de 1m² de superficie, y 1m de espesor, cuando la diferencia de temperatura entre paramentos opuestos es de 1°C)

Comparando con la fabrica de ladrillo, una pared de madera de 10cm de espesor, tiene el mismo poder aislante que un muro de asta y media de ladrillo macizo enfoscado al exterior y lucido al interior.

3.2 MECANICAS

3.2.1 DURABILIDAD

Se entiende como durabilidad de un material la persistencia a lo largo del tiempo de las características que lo validaron para su uso.

En el caso mas general, el proceso de degradación de la madera suele comenzar con la desintegración de la lignina por los rayos ultravioletas de la luz solar, posteriormente la lluvia se encarga de eliminar la lignina, arrugándose y agrietándose la superficie que, de esta forma queda preparada para el acceso directo de la humedad. Cuando esta alcanza un cierto valor puede ser agredida por las termitas, presente en amplias regiones de nuestro territorio. Además junto con los hongos silofagos, el oxigeno y una temperatura adecuada, aparecen las prudiciones que destruyen las fibras estructurales de la madera.

RAYOS ULTRAVIOLETA		Desintegración de la lignina
LLUVIA		Eliminación de la lignina
		Merma y agrietamiento de la pieza
OXIGENO, TEMPERATURA, MICELO		Ataque de los hongos
		Ataque de los insectos

Como consecuencia la madera se ve afectada:

- ◆ A causa de la hidroscofia con hinchamientos, mermas y como consecuencia de los cambios de volumen, con fondas.
- ◆ Por la perdida de su capacidad portante, al desaparecer sus fibras estructurales destruidas por las prudiciones.
- ◆ Por la disminución de su sección resistente debido a las galerías longitudinales que realizan los insectos.
- ◆ La humedad disminuye su características mecánicas y los hongos cromógenos le confieren cambios de coloración.

Resistencia a los ataques de organismos destructores. Depende de las características nutritivas de la madera y de las condiciones de mantenimiento.

1 Humedad.

2 Alternancia Humedad – Sequedad.

3 Tipos de terreno

4 Densidad

Una atmósfera contaminada, y suelos de caliza, atacan mas a la madera.

Dureza

Es la resistencia opuesta por la madera a la penetración o rayado por un cuerpo extraño.

- ◆ Mayor dureza madera vieja que joven.
- ◆ Mayor dureza duramen que albura.
- ◆ Mayor dureza sección transversal, que radial o tangencial.

Importante para usos en pavimentos y para medios auxiliares de trabajo.

ENSAYO

Consiste en determinar la penetración de una pieza metálica en la madera.

Método Brinell:

Se mide la huella que deja una bolo de acero de 10mm de diámetro, que deja en la madera con una carga de 200 Kg durante un minuto.

Área del casquete = $2\pi \cdot r \cdot h$

Presión = Fuerza / Superficie.

Método janka:

Se mide la fuerza necesaria para introducir una bola de acero de 11284mm hasta la mitad. (dureza janka es el valor que produce dicha huella).

$Pi = (11284 / 2)^2 = 100\text{mm}^2 = 1\text{cm}^2$

3.2.2 RESISTENCIA

3.2.2.1 Resistencia a compresión.

Muy variable por:

- ◆ *Humedad.*– madera seca más resistente.

30%, a partir de aquí Cte.

- ◆ *Dirección del esfuerzo.*– la máxima resistencia corresponde a esfuerzo en la dirección axial.

Máxima resistencia a la deformación mínimo limite elástico.

- ◆ *Peso específico.*– a mayor peso aparente mas resistencia, menos poros (siempre referida a humedad)

Cota especifica de calidad = resistencia a compresión / 100 . (peso específico)²

En maderas para construcción debe variar entre 9 y 20.

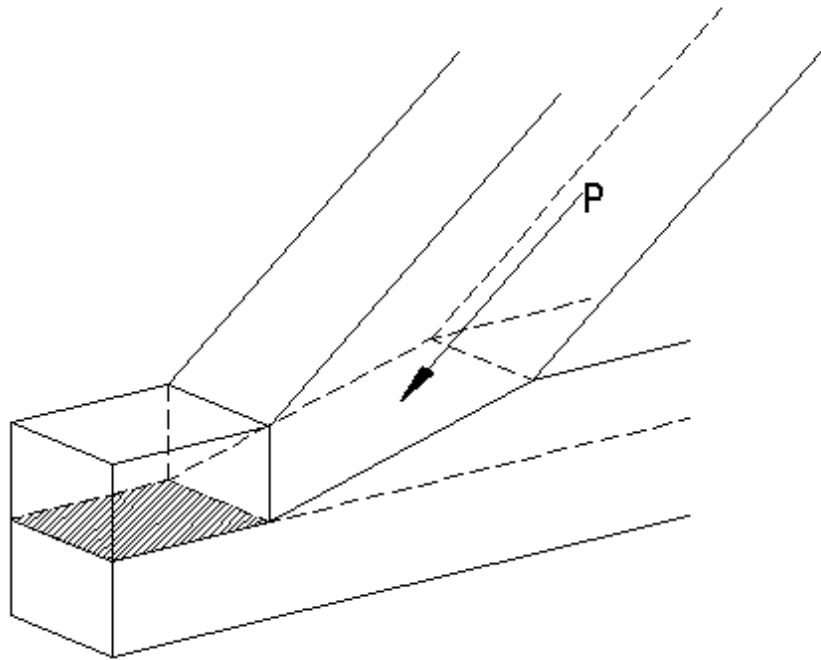
- Resistencia a tracción.

La madera es un material muy indicado para trabajar a tracción. Para que una madera trabaje óptimamente a tracción el esfuerzo debe ser paralelo a las fibras.

La humedad tiene la misma influencia que en la resistencia a compresión.

- Resistencia al corte.

Es la capacidad de la madera para resistir fuerzas que tienden a que una parte del material deslice sobre una parte adyacente sobre ella.



El deslizamiento es posible en dirección paralela a las fibras, nunca en dirección perpendicular, porque rompería por otras causas.

- Resistencia a flexión.

La madera solo resiste esfuerzos a flexión si estos son aplicados en dirección perpendicular a la fibra.

Vimos anteriormente que la resistencia a flexión la podemos medir: $R = 3/2((P \cdot l / B \cdot h^2))$.

Pero la madera suele presentar imperfecciones como nudos, fendas, longitud menor a la dirección de crecimiento del árbol. Por esto se introduce el **ÍNDICE TECNOLÓGICO** que es el 2 de la formula.

(Sustituir el 2 por:)

Madera perfecta.- $n = 11 / 6$

Madera con defectos.- $n = 10 / 6$

Nudos admisibles.- $N = 9 / 6$

Muy nudosa.- $N = 8 / 6$

La resistencia a flexión finaliza primero por la rotura de las fibras superiores, segundo por las inferiores por tracción, y por ultimo rotura por cortadura de la fibra neutra.

• **DEFECTOS Y ALTERACIONES**

4.1 NUDOS

Se producen cuando el árbol cambia de diámetro absorbe las bases de las ramas.

- ◆ Nudo vivo.- mientras la rama vive, sus tejidos tienen continuidad con los del tronco.
- ◆ Nudo muerto.- cuando la rama muere, queda un muñón que se rodea de un tejido oscuro de fibras sin continuidad. Se comporta como un agujero.

La resistencia de un nudo muerto , es bastante inferior a la propia resistencia de la madera.

Afectan a:

- Aspecto.
- Resistencia (peligrosos en esfuerzos a tracción).

En pilares de madera sometidos a compresión tienen poca importancia si son largos. Similares al efecto producido por un taladro.

- *FIBRA TORCIDA (problema de crecimiento del árbol)*

Defecto debido a que las fibras interiores crecen menos que los exteriores y se disponen en forma de hélice (solo admisible para utilizar en rollo, trabajos puntuales o de uso temporal). Cambian de forma.

4.3 FENDAS

Son grietas longitudinales o huecos en la madera.

- ◆ Fenda de desecación o Merma.- árboles apeados en la parte externa.
- ◆ Acebollura o Colaina.- atribuidas a vientos, hielos y fuegos.
- ◆ Cupranura, o pata de gallina.- en árboles viejos parte de una medula , y con distintas variables.
- ◆ Corazón partido.- grietas en duramen y albura, debido a desecación (no-construcción).

• **DESTRUCCIÓN DE LA MADERA**

A parte de los agresivos normales a cualquier material, al ser la madera un material vivo, sufre acciones de tipo biológico.

Bióticas: Abióticas: