

## LA MADERA: PROPIEDADES Y PRODUCTOS

Irene Jimeno Guadalix<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Arquitecta, especialista en construcción con madera.  
Toca Madera-Sounds Wood.

\* E-mail: [i.tocamadera@gmail.com](mailto:i.tocamadera@gmail.com)

### La madera: definición y características

La madera es un material natural, heterogéneo y anisótropo.

La madera es un conjunto de tejidos exclusivos de vegetales leñosos, tienen diferenciados y especificados los tejidos conductores del xilema (madera) y el floema (corteza).

La madera procede del árbol, el cual desarrolla una estructura tubular longitudinal, diseñada para resistir las tensiones a las que va a estar sometida en su vida. Estas tensiones o esfuerzos son producidas por la acción del viento, la carga de la nieve, la excentricidad de la copa respecto del tronco o por su propio peso, entre otros.

Debido a su anisotropía confiere un comportamiento físico y mecánico distinto en función de la dirección elegida, estableciéndose tres direcciones: tangencial, radial y longitudinal. Al citar una propiedad resistente es necesario especificar en qué dirección se está considerando. Para el cálculo de estructuras de madera, la influencia de la dirección de la fibra en la resistencia y en la variación dimensional se simplifica en dos direcciones:

- Paralela a la fibra (axial o longitudinal)
- Perpendicular a las fibras (transversal)

### Esfuerzos en la madera

La resistencia de la madera en la dirección longitudinal es muy superior a la resistencia en la dirección transversal, formada principalmente por radios leñosos, y al contrario sucede con la variación dimensional.

Las direcciones perpendiculares a la fibra, tanto radial como tangencial, en cuanto a cálculos estructurales, muestran un comportamiento similar entre ellas en torno a sus propiedades físicas y mecánicas. Así, la dirección radial presenta mayor resistencia que la dirección tangencial y menor variación dimensional, más o menos la mitad de lo que sufre la madera en la dirección tangencial. Por otro lado, la dirección longitudinal destaca



**Figura 1.** Anisotropía de la madera (Fuente: Toca Madera-Sounds Wood).

por su comportamiento mecánico y físico respecto a las direcciones anteriores. La variación dimensional en la dirección paralela a las fibras es muy reducida, prácticamente inexistente, sin embargo, sus propiedades mecánicas son muy superiores.

A diferencia de lo que ocurre con otros materiales, como el acero y el hormigón, la madera, debido a su anisotropía, es un material ortotrópico. Sin embargo, esta diferencia no supone ningún problema en el cálculo, ya que los criterios de seguridad de la normativa de cálculo son los mismos para todos los materiales de la construcción.

La capacidad resistente de la madera se define en función de varios factores que influyen en sus propiedades mecánicas.

- La calidad de la madera es la característica que más interfiere en su resistencia. Este parámetro viene definido en función de las singularidades de la madera: nudos, desviaciones de la fibra, fendas, acebolladuras, gemas, etc.
- El contenido de humedad de la madera no supone ninguna alteración de las propiedades mecánicas si el contenido de humedad se encuentra en niveles superiores a los del punto de saturación de la pared celular (PSPC).
- La repercusión de la duración de las cargas en la resistencia de la madera depende de la calidad de esta, siendo menor en calidades bajas. Este comportamiento la vuelve a diferenciar de la mayoría de los materiales estructurales, en los cuales su efecto es imperceptible. La influencia de este factor provoca que la madera sea un material estructural con gran eficacia ante las cargas de origen dinámico.

### Tracción paralela a la fibra

La madera tiene una elevada resistencia a tracción paralela a la fibra. En la madera libre de defectos alcanza valores superiores a los de flexión. Los valores característicos, oscilan entre 8 y 18 N/mm<sup>2</sup>.

### Compresión paralela a la fibra

Este tipo de resistencia a compresión de la madera es muy elevado. El único problema que surge a través de la compresión paralela es el pandeo de la pieza, el cual está directamente relacionado con su esbeltez, e influenciado por el módulo de elasticidad. Los valores característicos en la madera estructural suelen estar entre los 16 y 23 N/mm<sup>2</sup>.

### Tracción perpendicular a la fibra

Este esfuerzo es el originado por una fuerza externa perpendicular a las fibras que actúa hacia el exterior de la madera. En un árbol, rara vez se produce esta situación, por lo tanto, sus necesidades resistentes a la tracción perpendicular de la fibra son muy bajas. Esta humilde

resistencia se justifica por las escasas fibras que tiene la madera en la dirección perpendicular al eje del árbol, y la consiguiente falta de conexión, sujeción, transversal de las fibras longitudinales. Este valor varía de 0,4 N/mm<sup>2</sup> en coníferas a 0,6 N/mm<sup>2</sup> en frondosas.

### Compresión perpendicular a la fibra

Es un esfuerzo que se produce en la misma dirección que el anterior, pero sentido contrario, hacia el interior. Este tipo de esfuerzos es característico en las zonas de apoyo de las vigas, donde se concentra toda la carga en pequeñas superficies. Al igual que sucede con todas las propiedades transversales, el valor de resistencia es muy inferior en relación con la resistencia paralela. La resistencia característica a compresión varía entre 2 a 2,7 N/mm<sup>2</sup>.



**Figura 2.** Tracción y compresión paralela y perpendicular a las fibras (Fuente: Toca Madera-Sounds Wood).

### Flexión

La flexión de la pieza se produce por un momento flector, el cual provoca valores máximos de tensiones de tracción y de compresión en sus extremos de la pieza y nulos en la fibra neutra. La resistencia de la madera a flexión es muy elevada, en coníferas varía entre los 14 y 30 N/mm<sup>2</sup>.

### Cortante

El esfuerzo cortante causa tensiones tangenciales, que actúan sobre las fibras de la madera en relación con la orientación. El cortante se puede originar por la acción del esfuerzo en la dirección perpendicular a la sección tubular, causando el aplastamiento de dichas fibras; en la dirección paralela a estas, mediante

tracción, resultando en un deslizamiento entre ellas; o en la dirección perpendicular a las mismas, también a tracción, originando una rodadura. El valor característico de la resistencia a cortante, por deslizamiento, varía entre 3 y 4 N/mm<sup>2</sup>.

### Módulo de elasticidad

Es un parámetro que define el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica una fuerza. Este módulo tiene relación directa sobre la deformación de las piezas y su posibilidad de pandeo. En la madera este valor neutraliza parte de la resistencia a compresión paralela. Un módulo relativamente bajo reduce en la práctica la resistencia a la compresión en piezas esbeltas. Este valor en coníferas habituales de la construcción varía entre 7.000 N/mm<sup>2</sup> y 12.000 N/mm<sup>2</sup>.

### Productos madereros

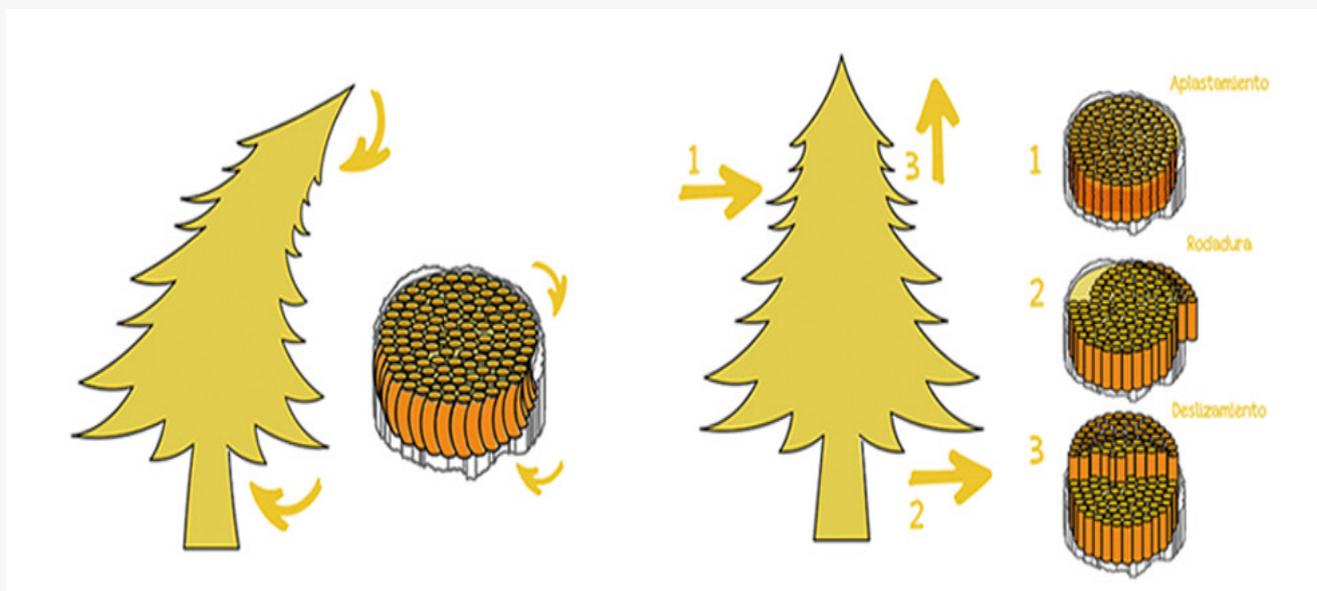
Los productos madereros estructurales primarios son los que se utilizan de forma habitual en las estructuras principales. En el caso de la madera, todos ellos son resultado de una continua evolución de mejora, teniendo en cuenta sus aspectos más favorables y adversos.

### Madera en rollo

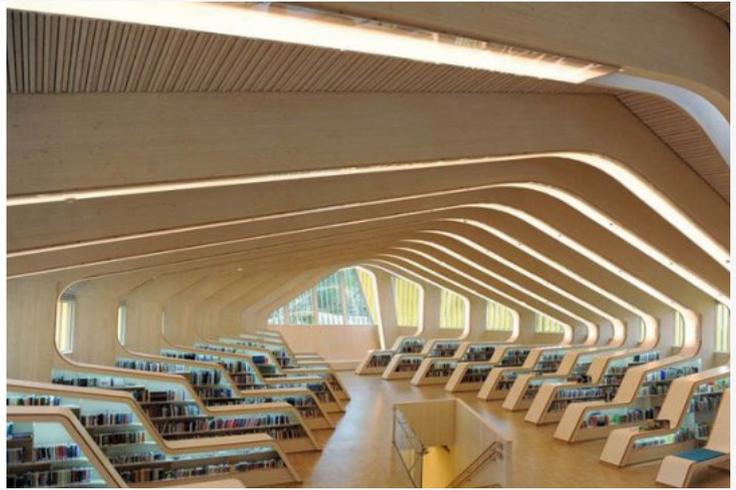
Es una pieza obtenida como consecuencia del desramado y generalmente descortezado del árbol. Se puede mecanizar para obtener una sección más homogénea a lo largo de la pieza.

Este producto supone un mayor aprovechamiento del árbol, con un menor coste en la transformación del producto.

Si se utiliza en el exterior, no almacena agua, ya que no contiene superficies planas. Esto mismo dificulta sus uniones. Y en España hay una escasez de normativa para sus propiedades mecánicas.



**Figura 3.** Flexión y cortante en la madera (Fuente: Toca Madera-Sounds Wood).



**Figura 4.** Finger joint de madera empalmada y madera laminada encolada (Fuente: Google).

### *Madera aserrada*

Obtenida por aserrado del tronco y caracterizada por su sección rectangular. Es una pieza elemental para la construcción.

Presenta una gran simplicidad en la transformación del producto y facilidad para las uniones.

En contraposición se necesitan piezas de cierto tamaño y rectitud y sus singularidades restringen el uso estructural.

### *Madera empalmada (KVH)*

Formada por piezas de madera aserrada, clasificadas estructuralmente. Se unen a través de las testas por una unión dentada múltiple (*finger joint*)

Se obtienen piezas de luces mayores y el aprovechamiento del material también es mayor, provocando una transformación del producto superior.

### *Madera maciza encolada*

Pieza con perfil inferior a 280 mm, obtenida por encolado de 2 a 5 piezas rectangulares de espesores entre 45 mm y 85 mm. Las piezas exteriores deben tener el corazón en sentido opuesto y las interiores todas hacia uno de los lados. La unión se realiza mediante *finger joint*.

Muy similar a la madera empalmada, aunque la madera maciza encolada también alcanza mayores escuadrías.

### *Madera laminada encolada*

Pieza de madera obtenida por la unión de láminas de madera de una misma especie, de espesor entre 6 mm y 45 mm. Esta unión se realiza tanto en testas mediante *finger joint*, como en caras mediante encolado, en la dirección paralela a la fibra. El encolado mínimo es de dos láminas. Las láminas interiores deberán tener el corazón hacia el mismo lado y las externas hacia el exterior.

Con este producto conseguimos luces y secciones grandes y de formas variables. Se aprovechan las piezas

de pequeñas dimensiones. No presenta mermas estructurales y son muy resistentes a los agentes químicos.

El resultado es fruto de una gran transformación del producto. Además, por sus dimensiones, la manipulación y transporte es más difícil.

### *Madera microlaminada (LVL – Laminated Veneer Lumber)*

Pieza de sección rectangular, formada por superposición de chapas de madera de 3 mm de espesor, encoladas unas con otras en dirección a la fibra. Existen algunos productos que disponen del 20 % de las chapas en dirección perpendicular a la fibra.

Es un producto ligero, de poco espesor y gran canto. Debido a este pequeño grosor del producto, hay que prestar especial atención al pandeo de los pilares, el alabeo de las vigas y a la resistencia al fuego de esta reducida sección.

### *Paneles contralaminados de madera (CLT – Cross Laminated Timber)*

Panel obtenido por un número impar de capas de madera aserrada, con perfil transversal simétrico. La unión entre caras se realiza mediante encolado, de forma que dos capas consecutivas se coloquen perpendiculares entre sí respecto a la orientación de la fibra.

Ofrece una gran rapidez de montaje, obra muy limpia, así como uniformidad en la sección constructiva de fachada.

La transformación y el gasto de madera es mayor, coste alto. Válido para luces de 3-5-7 m.

### *Actualidad y futuro*

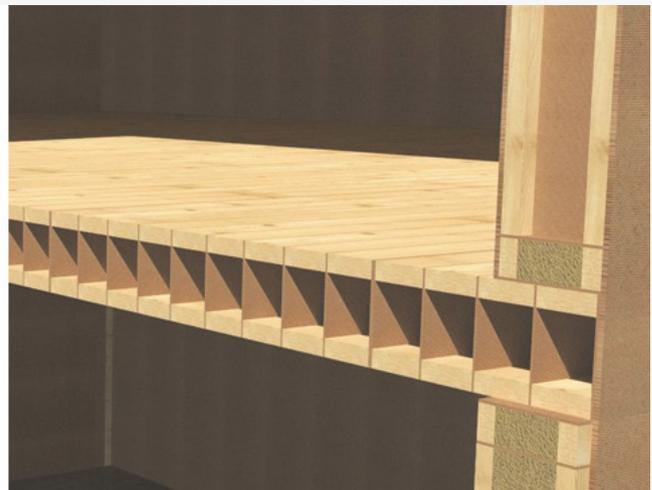
En la búsqueda de obtener un producto primario ligero, con una transformación no muy alta y un elevado aprovechamiento del árbol, que pueda abarcar grandes luces, resista al fuego y trabaje bien en la dirección longitudinal y transversal de las fibras, en la actualidad se está trabajando en la investigación de un nuevo producto: Eco Timber Cell (ETC). Es un perfil IPE cajado, para solventar la resistencia al fuego. Las alas son de madera microlaminada, con las fibras del material en un sentido



**Figura 5.** CLT (Fuente: Google y Ábaton Arquitectura).



**Figura 6.** Eco Timber Cell (Fuente: TBetanzosHB).



y el alma, con las fibras en sentido contrario. De esta manera, se favorece el trabajo de la anisotropía de la madera, así como el aprovechamiento del material y la utilidad del mismo.

### Referencias

Argüelles Álvarez, R., Arriaga, F., Esteban, M., Íñiguez-González, G., y Argüelles Bustillo, R. (2013). Estructuras de madera. Bases de cálculo. Madrid: AITIM.

Arriaga, F., González, M., Medina, G., Ortiz, J., Peraza, F., Peraza, J.E., y Touza, M. (1994). Guía de la madera (I). Productos básicos y carpintería. Madrid: AITIM.

García Esteban, L., Guindeo, A., Peraza, C., y Palacios, P. de (2003). La madera y su anatomía. Madrid: AITIM-FUCOVA-SA-Mundi-Prensa.

VV. AA. (2014). Guía de la madera (II). Productos básicos y carpintería. Madrid: AITIM.