

BLOQUE TEMÁTICO 4

UNIDAD TEMÁTICA 13

LECCION 48

INTRODUCCIÓN GENERAL.

CUALIDADES DE LA

ESTRUCTURA DE MADERA

INTRODUCCIÓN A LA MADERA

La madera proviene de los árboles. Este es el hecho más importante a tener presente para entender su naturaleza. El origen de las cualidades o defectos que posee pueden determinarse a partir del árbol de donde proviene.

El conocimiento sobre la naturaleza de la madera, características y comportamiento, es necesario para establecer y efectuar un buen uso de este material.

En este aspecto radica la importancia de que exista información adecuada y estructurada a los actuales requerimientos, ya que permite a los profesionales que intervienen en el diseño, cálculo y ejecución de construcciones en madera, realizar una acertada gestión y correcta utilización del material, con el objeto de cumplir altos estándares de calidad.

La madera es históricamente uno de los materiales más utilizados por el hombre. Actualmente, en la mayoría de los países desarrollados su uso como material estructural alcanza a más del 90% de la construcción habitacional de 1 a 4 pisos.

EL ÁRBOL Y SU ESTRUCTURA

Del tronco se obtiene materia prima para la producción de madera aserrada, perfiles y tableros contrachapados; y de la copa (ramas), tableros de hebras orientadas.

Al hacer un corte transversal de un árbol y analizar desde el exterior hacia el interior una sección de éste, se pueden apreciar zonas claramente diferenciadas, las cuales cumplen funciones específicas:

- La primera zona apreciable es la corteza, formada por materia muerta, de aspecto resquebrajado, que se divide en corteza exterior y corteza interior (floema).

La corteza exterior está compuesta por células muertas que cumplen la función de proteger la estructura interior frente a agentes climáticos y biológicos.

- Siguiendo hacia dentro se encuentra la corteza interior, compuesta por células que trasladan savia elaborada.

- Luego se presenta el cambium o cambio, zona que corresponde al tejido generador de células, es decir, donde se produce el crecimiento del árbol. Hacia el interior forma el xilema y hacia el exterior, forma el floema.

- En el xilema podemos distinguir la albura hacia el exterior, con células que cumplen la función de sostén y traslado de agua y nutrientes.

- Hacia el interior del xilema se forma el duramen, compuesto por células inactivas, pero que mantienen la función de sostén.

- En el centro del árbol se encuentra la médula, tejido inactivo sin función específica.

Otra de las características relevantes del árbol en su sección transversal son los denominados anillos de crecimiento (concéntricos), los cuales son apreciables a simple vista, dependiendo de la especie.

LA MADERA Y SUS PROPIEDADES

La madera elaborada a través de un proceso de aserrío se denomina pieza de madera y posee propiedades definidas.

Propiedades Básicas

Independientemente de la especie, la madera puede ser considerada como un material biológico, anisotrópico e higroscópico.

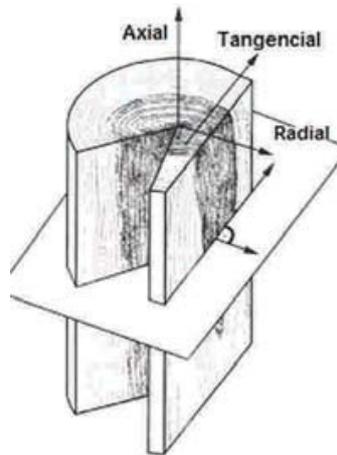
Es un material biológico, ya que está compuesto principalmente por moléculas de celulosa y lignina. Siendo madera elaborada, puede ser biodegradada por el ataque de hongos e insectos taladradores, como son las termitas. Por ello, a diferencia de otros materiales inorgánicos (ladrillo, acero y hormigón, entre otros), la madera debe tener una serie de consideraciones de orden técnico que garanticen su durabilidad en el tiempo.

La madera es un material anisotrópico. Según sea el plano o dirección que se considere respecto a la dirección longitudinal de sus fibras y anillos de crecimiento, el comportamiento tanto físico como mecánico del material, presenta resultados dispares y diferenciados. Para tener una idea de cómo se comporta, la madera resiste entre 20 y 200 veces más en el sentido del eje del árbol, que en el sentido transversal.

Debido a este comportamiento estructural tan desigual, se ha hecho necesario establecer:

- Eje tangencial
- Eje radial y
- Eje axial o longitudinal

El eje tangencial, como su nombre lo indica, es tangente a los anillos de crecimiento y perpendicular al eje longitudinal de la pieza.



La madera es un material higroscópico. Tiene la capacidad de captar y ceder humedad en su medio, proceso que depende de la temperatura y humedad relativa del ambiente. Este comportamiento es el que determina y provoca cambios dimensionales y deformaciones en la madera.

Propiedades Físicas

Contenido de humedad

La estructura de la madera almacena una importante cantidad de humedad. Esta se encuentra como agua ligada (savia embebida) en las paredes celulares y como agua libre, en el interior de las cavidades celulares.

Para determinar la humedad en la madera, se establece una relación entre masa de agua contenida en una pieza y masa de la pieza anhidra, expresada en porcentaje. A este cociente se le conoce como contenido de humedad.

$\% \text{ Contenido de humedad} = \frac{\text{Peso del agua} \times 100}{\text{Peso de madera seca en cámara}}$
<p>Donde:</p> $\text{Peso del agua} = \text{Peso madera húmeda} - \text{Peso madera seca en cámara}$

El agua contenida en el interior de la madera, sea en forma natural o por estar expuesta a condiciones del medio ambiente, puede variar principalmente debido a la humedad y temperatura predominantes en el lugar donde se utiliza. Al cortar un árbol, la madera contiene gran volumen de agua en sus cavidades y paredes celulares, humedad que oscila alrededor del 80%. En algunos casos, puede ser superior al 100%, es decir, el peso del agua contenida en el volumen de madera es superior al peso de ésta anhidra.

Dependiendo de las condiciones ambientales, la madera entrega al medio agua libre contenida en sus cavidades, y luego agua adherida por capilaridad a las paredes celulares. Cuando el intercambio de humedad que produce el medio

ambiente cesa, se dice que la madera ha alcanzado un punto denominado humedad de equilibrio.

Se denomina, entonces, humedad de equilibrio al porcentaje de agua que alcanza una madera sometida durante un lapso determinado a condiciones de temperatura y humedad en su medio ambiente.

Los cambios climáticos del aire que se suceden continuamente, día y noche según las estaciones, hacen que la humedad de la madera también cambie, aunque en valores pequeños.

Cuando la madera tiene un contenido de humedad bajo se habla de madera seca. Sin embargo, para ser utilizada como material de construcción, y específicamente con fines estructurales, el contenido de humedad debe ser inferior al 15%.

Densidad de la madera

Como se sabe, la densidad de un cuerpo es el cociente formado por masa y volumen.

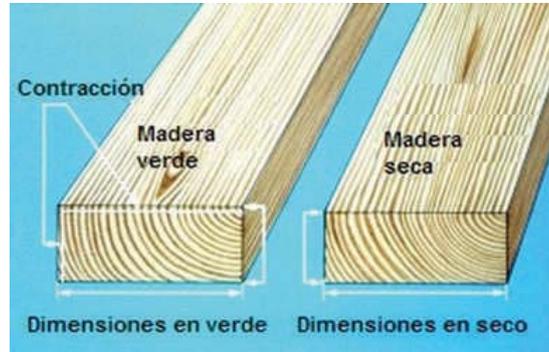
En la madera, por ser higroscópica, la masa y el volumen varían con el contenido de humedad; por lo que resulta importante expresar la condición bajo la cual se obtiene la densidad. Esta es una de las características físicas más importantes, ya que está directamente relacionada con las propiedades mecánicas y durabilidad de la madera.

Determinación de la densidad, establece las siguientes densidades de la madera, determinadas a partir del contenido de humedad de la pieza:

- Densidad Anhidra: Relaciona la masa y el volumen de la madera anhidra (completamente seca).
- Densidad Normal: Aquella que relaciona la masa y el volumen de la madera con un contenido de humedad del 12%.
- Densidad Básica: Relaciona la masa anhidra de la madera y su volumen con humedad igual o superior al 30%.
- Densidad Nominal: Es la que relaciona la masa anhidra de la madera y su volumen con un contenido de humedad del 12%.
- Densidad de Referencia: Aquella que relaciona la masa y el volumen de la madera ambos con igual contenido de humedad.

Contracción y expansión de la madera

El secado de la madera por debajo del punto de saturación de la fibra, provoca pérdida de agua en las paredes celulares, lo que a su vez produce contracción de la madera.



Las dimensiones de la madera comienzan a disminuir en los tres ejes anteriormente descritos: tangencial, radial y longitudinal. Sin embargo, en este proceso la contracción tangencial es mayor a la que se produce en un árbol.

Desde el punto de vista del comportamiento de la madera, el punto de saturación de la fibra es una variable muy importante, puesto que sobre él, la madera no variará sus características ni su comportamiento físico o mecánico. Sin embargo, cuando la madera se encuentra bajo dicho punto, sufre cambios dimensionales y volumétricos que pueden ir de leves a drásticos.

Las consecuencias de dicho proceso en beneficio de las propiedades resistentes de la madera, dependerán de las condiciones y método de secado aplicado (al aire o en cámara).

La contracción por secado provoca deformaciones en la madera. Sin embargo con un adecuado método, los efectos son beneficiosos sobre las propiedades físicas y mecánicas de la madera.

Tipos de madera según su trabajo

- Carpintería de armar: Tiene por función la construcción de elementos estructurales de la edificación. Dentro de la denominación genérica de carpintería de armar, podemos incluir los trabajos de apeos, entibaciones e incluso los encofrados, por constituir elementos resistentes que requieren disposiciones constructivas en las que intervienen los conceptos de resistencia y estabilidad propios de la estructura.
- Carpintería de taller: Tiene como finalidad la construcción de elementos secundarios, de acondicionamiento y acabado de obras, como puertas, ventanas...

Las uniones entre piezas de madera pueden clasificarse atendiendo a diversos criterios:

- Por la forma de encuentro:
Se denominan empalmes cuando las piezas se enlazan por sus testas, ensambles cuando las piezas se cortan formando un determinado ángulo y acoplamientos cuando las piezas se superponen por sus caras.
- Por el medio de unión empleado:
 - Uniones tradicionales en las que las piezas se unen mediante un trabajo de carpintería.
 - Uniones mecánicas que utilizan herrajes para la transmisión de esfuerzos; dentro de las uniones mecánicas se diferencian dos tipos de medios de unión en función del modo de transmisión de los esfuerzos.
 - Uniones encoladas, cuando se utilizan adhesivos para la transmisión de esfuerzos

Propiedades eléctricas

La madera anhidra es un excelente aislante eléctrico, propiedad que decae a medida que aumenta el contenido de humedad.

En estado anhidro y a temperatura ambiental, la resistencia eléctrica es de aproximadamente 10¹⁶ ohm-metro, decreciendo a 10⁴ ohm-metro, cuando la madera está en estado verde. Esta gran diferencia se produce cuando el contenido de humedad varía entre 0% y 30 %.

Propiedades acústicas

La madera, como material de construcción, cumple un rol acústico importante en habitaciones y aislamiento de edificios, ya que tiene la capacidad de amortiguar las vibraciones sonoras.

Propiedades térmicas

El calor en la madera depende de la conductividad térmica y de su calor específico.

a) Conductividad es la capacidad que tiene un material para transmitir calor, y se representa por el coeficiente de conductividad interna; definido como la cantidad de calor que atraviesa por hora, en estado de equilibrio, un cubo de un metro de arista, desde una de sus caras a la opuesta y cuando entre éstas existe una diferencia de temperatura de 1 grado Celsius (°).

La conductividad térmica se mide mediante un coeficiente de conductividad y está íntimamente relacionada con la densidad de la madera. Las cavidades celulares de la madera seca (bajo el PSF) están llenas de aire, el cual es un mal conductor térmico. Por ello, las maderas de baja densidad conducen menos calor que las de alta densidad.

b) Calor específico es definido como la cantidad de calor necesario para aumentar en 1 grado Celsius ($^{\circ}$), la temperatura de un gramo de madera.

El calor específico en la madera es 4 veces mayor que en el cobre y 50% mayor que en el aire. No depende de la especie ni densidad, pero sí varía con la temperatura.

La combinación de estos dos aspectos hace de la madera un material que absorbe calor muy lentamente. La alta resistencia que ofrece la madera al paso del calor, la convierte en un buen aislante térmico y en un material resistente a la acción del fuego. La madera, al igual que otros materiales, se dilata o contrae al aumentar o disminuir la temperatura, pero su efecto es bastante menor, sin ser despreciable, en valores que representan $1/3$ del acero y $1/6$ del aluminio, aproximadamente.

Propiedades mecánicas

Generalidades

Las propiedades mecánicas de la madera determinan la capacidad o aptitud para resistir fuerzas externas.

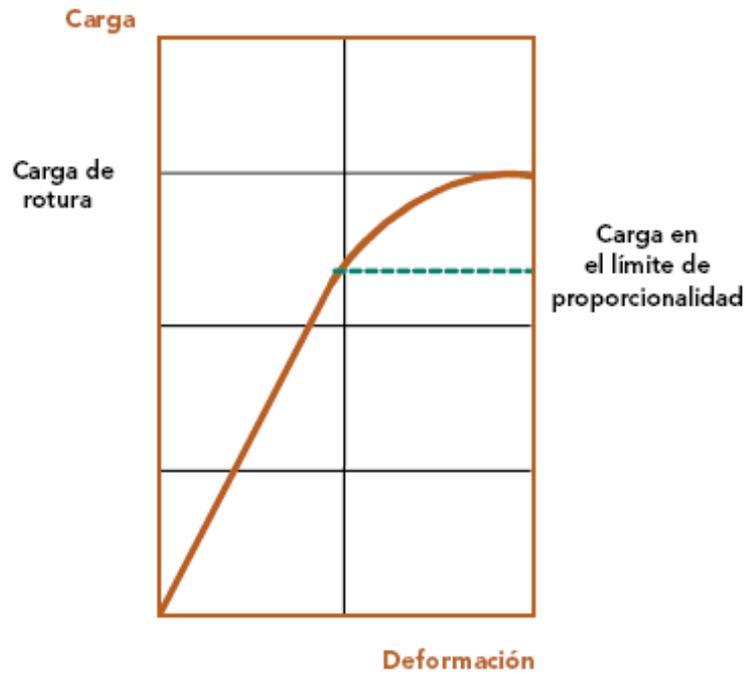
Se entiende por fuerza externa cualquier sollicitación que, actuando exteriormente, altere su tamaño, dimensión o la deforme.

El conocimiento de las propiedades mecánicas de la madera se obtiene a través de la experimentación, mediante ensayos que se aplican al material, y que determinan los diferentes valores de esfuerzos a los que puede estar sometida. El esfuerzo que soporta un cuerpo por unidad de superficie es la llamada tensión unitaria.

Cuando la carga aplicada a un cuerpo aumenta, se produce una deformación que se incrementa paulatinamente. Esta relación entre la carga aplicada y la deformación que sufre un cuerpo se puede representar gráficamente por una recta (Gráfico 1 – 5), hasta el punto donde se inicia el límite elástico del material ensayado. Si se sigue aumentando la carga, se logra la rotura del material.

El límite elástico se define como el esfuerzo por unidad de superficie, en que la deformación aumenta en mayor proporción que la carga que se aplica.

El esfuerzo necesario para sollicitar un material hasta el límite elástico, determina la tensión en el límite de proporcionalidad, que es la carga máxima a que se puede someter sin que se produzcan deformaciones permanentes.



La rigidez de un cuerpo se define como la propiedad que tiene para resistir la deformación al ser solicitado por fuerzas externas. La medida de rigidez de la madera se conoce como módulo de elasticidad o coeficiente de elasticidad, calculado por la razón entre esfuerzo por unidad de superficie y deformación por unidad de longitud.

Cuando la carga resulta mayor a la del límite elástico, la pieza continúa deformándose hasta llegar a colapsar, obteniendo la tensión de rotura de la pieza de madera.

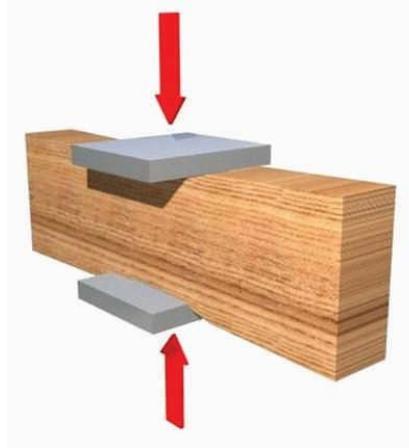
Compresión paralela a las fibras

Es la resistencia de la madera a una carga en dirección paralela a las fibras, la que se realiza en columnas cortas para determinar la tensión de rotura, tensión en el límite de proporcionalidad y módulo de elasticidad.



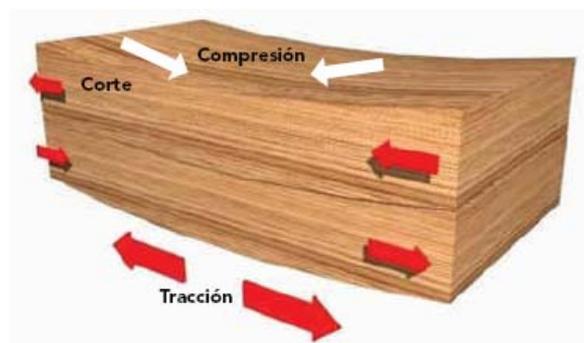
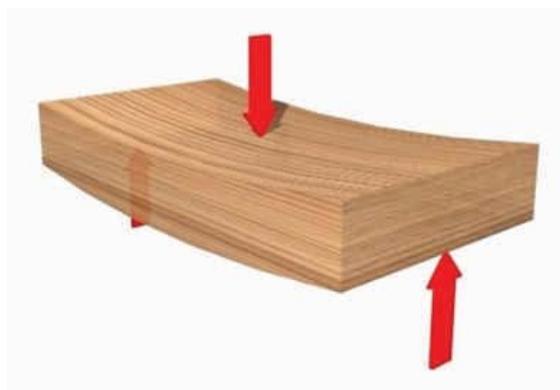
Compresión normal a las fibras

Es la resistencia de la madera a una carga en dirección normal a las fibras, aplicada en una cara radial, determinando la tensión en el límite de proporcionalidad y tensión máxima.



Flexión estática

Es la resistencia de la viga a una carga puntual, aplicada en el centro de la luz, determinando la tensión en el límite de proporcionalidad, tensión de rotura y el módulo de elasticidad.

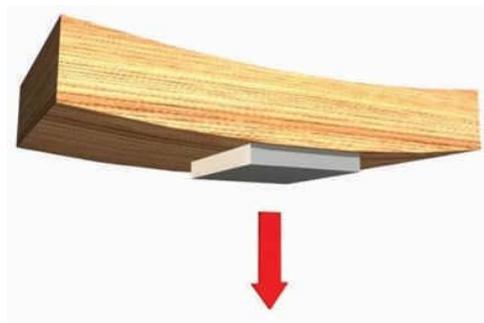


Tracción paralela a las fibras

Es la resistencia a una carga de tracción en dirección paralela a las fibras.



Tracción normal a las fibras



Defectos de la madera

Recibe este nombre cualquier irregularidad física, química o físico-química de la madera, que afecte los aspectos de resistencia o durabilidad, determinando generalmente una limitante en su uso o aplicación.

• **Nudos sueltos**

Abertura de sección relativamente circular, originada por el desprendimiento de un nudo.

Si no interesa su posición en la pieza, la norma establece que se debe calcular el diámetro medio, midiendo su diámetro mayor y menor, en milímetros, y calculando el promedio.

Los agujeros y/o nudos sueltos se pueden ubicar en la arista, en el borde de la cara, en el canto o en la zona central de la cara. La posición de este defecto es determinante en la magnitud de la alteración que causará en las propiedades resistentes. Así, un agujero, dentro o cerca de un canto, afecta fuertemente la resistencia de tracción o compresión de una pieza solicitada por flexión.

En cambio, un agujero en el centro de la cara alterará más su resistencia de cizalle, cuando se aplica a ella el mismo esfuerzo de flexión.

- **Rajaduras**

Separación de fibras en la madera que afecta dos superficies opuestas o adyacentes de una pieza.

- **Grietas**

Separación de elementos constitutivos de la madera, cuyo desarrollo no alcanza a afectar dos superficies opuestas o adyacentes de una pieza.

- **Perforación**

Galería u otro tipo de orificio producido por la presencia de insectos taladradores. En cualquier caso, la madera con este defecto debe ser desechada.

- **Pudrición**

Degradación, descomposición y destrucción de madera por presencia de hongos xilófagos y ambiente húmedo. La presencia parcial de putrefacción implica una creciente reducción de la resistencia. No se debe utilizar como material de construcción.

- **Acebolladuras**

Separación de la pieza entre dos anillos consecutivos. Cuando aparece en las caras o cantos, se mide su longitud y separación máxima (mm).

- **Alabeos**

Deformación que puede experimentar una pieza de madera en la dirección de sus ejes, longitudinal y transversal o ambos a la vez, pudiendo tener diferentes formas: acanaladura, encorvadura y torcedura.

La madera para construcción

En la construcción de viviendas la madera puede tener tres categorías de uso:

Madera de uso definitivo

Es aquella incorporada a la edificación, ya sea a nivel de estructura o terminaciones, cuyo objeto es cumplir con la vida útil establecida para el edificio, es decir, queda incorporada definitivamente a la vivienda.

Madera de uso transitorio

Cumple la función de apoyar estructuralmente la construcción del edificio, sin quedar incorporada a su estructura al finalizar la actividad. En esta categoría se encuentra, por ejemplo, toda la madera utilizada en encofrados para hormigón.

Madera de uso auxiliar

Es aquella que cumple sólo funciones de apoyo al proceso constructivo. En esta categoría se pueden considerar, por ejemplo, la instalación de faenas, niveletas o tablaestacados, reglas y riostras de montaje, entre otros. Por ello, no toda la madera utilizada en las actividades de construcción de una vivienda debe tener propiedades, especificaciones y requerimientos iguales, ya que éstas dependerán del destino que tendrá.

Para efectos del presente manual, se entenderá como construcción en madera a aquellas viviendas o edificios cuya estructura está resuelta íntegramente en madera, independiente del material utilizado en la terminación interior o exterior de la edificación. Dicha estructura debe contar además con un adecuado sistema de arriostamientos, solucionado generalmente con tableros estructurales del tipo contrachapado fenólico o de hebras orientadas, OSB.

También considera la utilización de madera preservada (impregnada), aislamiento termoacústica, barreras de vapor y humedad, y material resistente al fuego por el interior, como por ejemplo, placas de yeso cartón o fibrocemento. No considerar alguno de estos componentes, implicará que la estructura no cumpla con adecuados requerimientos de seguridad, habitabilidad y durabilidad.

No es válido, entonces, hablar de una construcción en madera al referirse a viviendas de emergencia, puesto que estas soluciones no cumplen con especificaciones y requerimientos mínimos para que los usuarios tengan condiciones básicas de calidad de vida.

Estas construcciones no contemplan barreras de humedad, aislamiento termoacústica, componentes de resistencia al fuego y protección de la madera. Por eso presentan serios problemas de durabilidad, puesto que normalmente están en contacto directo con el suelo y la madera carece de protección.

Hoy en día se tiene completa claridad de que toda pieza de madera que pasa a formar parte de la estructura o terminaciones de una vivienda debe ser madera seca. Esta es una condición que el mercado de la construcción está exigiendo.

De aquí en adelante, por simplicidad se debe desterrar la referencia de especificar “madera seca”. Para realizar una adecuada especificación técnica de madera para uso definitivo en la construcción, se debe incorporar la condición de secado pre-establecido. Por ejemplo: madera seca con un 12% de contenido máximo de humedad.

Maderas comerciales

Las maderas comerciales pueden clasificarse en cuatro grandes grupos:

- Madera aserrada y cepillada
- Molduras de madera
- Maderas reconstituidas
- Maderas laminadas

Madera aserrada y cepillada

La madera aserrada y cepillada se comercializa en piezas cuya dimensión nominal se conoce como escuadría de la pieza y se expresa en milímetros.

Molduras de madera

Las molduras se obtienen a partir de madera aserrada seca a la cual, por medio de máquinas, herramientas y equipos especiales, se confiere una determinada forma para cumplir en servicio con objetivos específicos de terminación, acabado, protección y decoración.

Maderas reconstituidas

Se entiende por maderas reconstituidas todo panel (nombre genérico que se refiere a material que se produce en fábrica) elaborado con derivados de la madera. El grupo más importante lo forman los tableros a base de madera que pueden ser de madera maciza, chapas, cintas, partículas, fibras, cortezas o a partir de otras materias primas lignocelulósicas en forma de tallos, partículas o fibras que dan origen a:

- Tableros contrachapados
- Tableros de fibra
- Tableros de partículas
- Tableros enlistonados (placa carpintera)

La ligazón requerida entre los derivados de la madera que conforman el tablero se logra por las propiedades adhesivas inherentes al material (algunos tableros de fibras) o por la adición de agentes de aglutinación orgánicos (tableros de partículas) durante su fabricación o bien un aglutinante inorgánico como el cemento Portland, obteniendo o aumentando determinadas propiedades del tablero.

Estos tableros pueden ser utilizados en una amplia gama de soluciones que van desde requerimientos estructurales hasta fines decorativos y equipamiento (muebles, clóset y otros). Dependiendo del tamaño de los granos de madera, del tipo de chapa que se utilice, el adhesivo y tipo de unión, se clasifican en:

- Tableros estructurales
- Tableros no estructurales

Madera laminada

La madera laminada es un producto industrial que se ha utilizado en el mundo desde hace muchos años, pero en las últimas cuatro décadas su uso se ha incrementado notoriamente. Este producto tiene una alta aplicación en la vida cotidiana de las sociedades desarrolladas, desde la construcción de edificaciones hasta reemplazar productos que provienen de recursos naturales, por lo que ha adquirido un alto valor industrial y social.

Es un material renovable, acumulador natural de energía solar, poco necesitado de energía de transformación, no productor de agentes contaminantes y completamente reutilizable o reciclable.

Elementos estructurales fabricados bajo condiciones técnicamente controladas. La unión con adhesivos es de calidad estructural y resistente a condiciones climáticas.

La madera cuando está expuesta a la intemperie, puede ser atacada por distintos elementos xilófagos o biológicos, viento, lluvia, y la acción solar; rayos UV e infrarrojos.

Para evitar su acción destructiva, la madera se somete a un proceso de impregnación, por medio del cual se introduce a presión un compuesto químico, a base de cobrecromo- arsénico, que reacciona con la celulosa y lignina, formando un precipitado insoluble que modifica la composición del material leñoso; por lo tanto, lo inutiliza como alimento para los diferentes xilófagos.