

Propiedades de la madera para la construcción



Introducción:

Su naturaleza intrínseca la convierte en un recurso renovable, siempre y cuando su explotación se realice de manera sostenible, permitiendo la regeneración de los bosques a través de la reforestación y la gestión forestal responsable. A diferencia de otros materiales de construcción que requieren procesos industriales intensivos y el agotamiento de recursos no renovables, la madera se produce de forma natural a través de la fotosíntesis, capturando dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera durante su crecimiento, lo que la convierte en un aliado en la lucha contra el cambio climático. Su uso a lo largo de la historia, desde las primeras chozas hasta complejas estructuras modernas, atestigua su versatilidad y durabilidad.



Importancia estructural y arquitectónica

La madera desempeña un papel crucial tanto a nivel estructural como arquitectónico en la construcción. Estructuralmente, su alta relación resistencia-peso la convierte en un material eficiente para soportar cargas, permitiendo la creación de estructuras ligeras pero robustas. Su flexibilidad y capacidad de absorber energía la hacen resistente a fuerzas sísmicas. La madera se puede utilizar en una amplia variedad de elementos estructurales como vigas, columnas, entramados, cubiertas y forjados.



Importancia estructural y arquitectónica

Arquitectónicamente, la madera ofrece una gran versatilidad estética. Su belleza natural, con sus variadas texturas, colores y veteados, aporta calidez y confort a los espacios. Permite diseños orgánicos y curvos, difíciles de lograr con otros materiales. Además, su trabajabilidad facilita la creación de detalles ornamentales y acabados personalizados. En la arquitectura contemporánea, la madera se ha revalorizado por su sostenibilidad y su capacidad para crear edificios saludables y de bajo impacto ambiental, integrándose en diseños bioclimáticos y modulares.

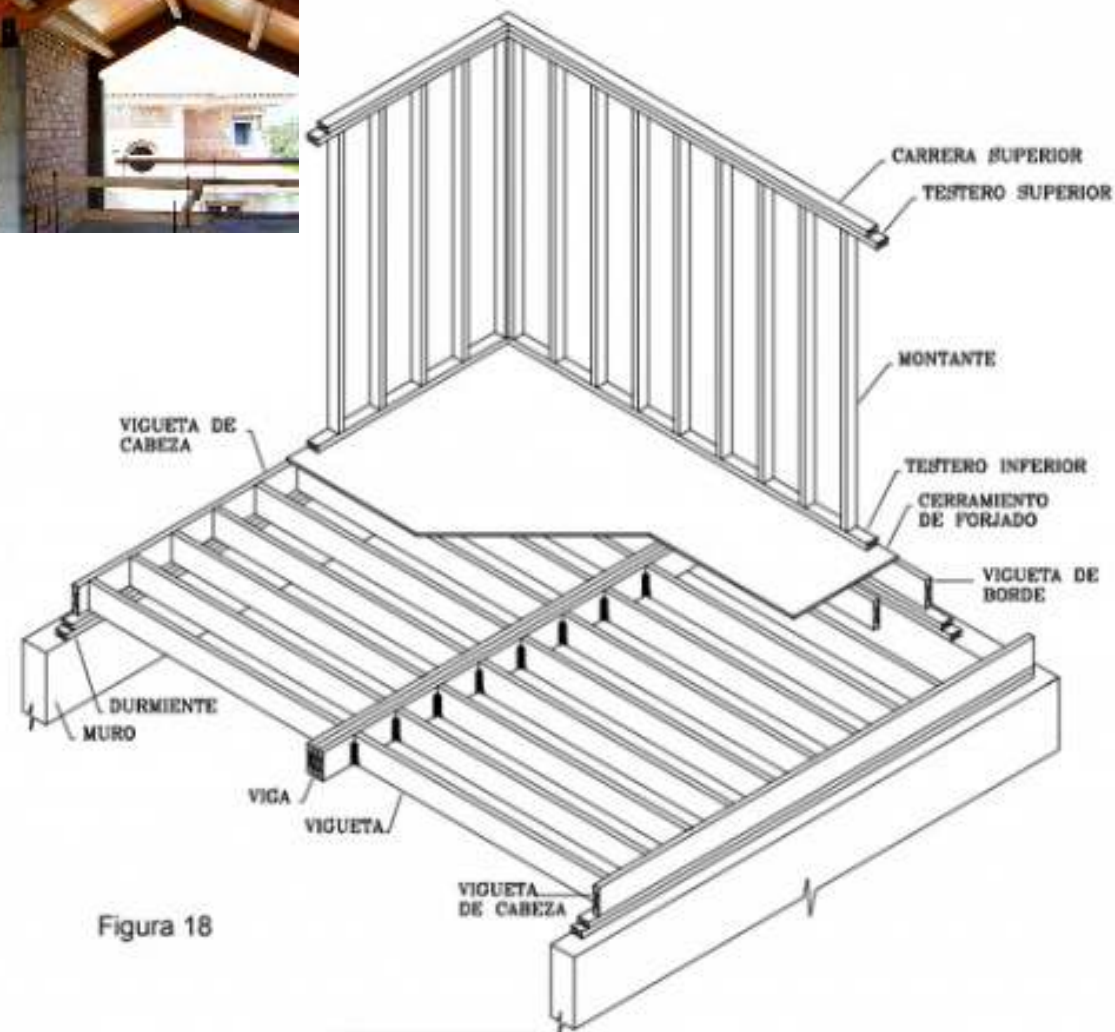


Figura 18

Propiedades y características

Dureza

La madera presenta resistencia a la penetración de objetos (tornillos, clavos, etc.) y a ser rayada.

Densidad

La madera es menos densa que el agua por eso flota. $0,3 \text{ g/cm}^3 - 0,9 \text{ g/cm}^3$.

Aislante

La madera seca es un buen aislante eléctrico y térmico. Es un buen combustible pero la capa exterior carbonizada ralentiza la propagación del fuego en el interior de la madera.

Conductor acústico

Buen transmisor sonoro. A 0°C el sonido viaja por el aire a una velocidad de 334 m/s y por la madera de roble a 3850 m/s .

Porosidad

La madera es capaz de absorber o desprender líquidos o gases.

Resistencia mecánica

Buena resistencia mecánica a la tracción, compresión y flexión.

Tenacidad

Capacidad para absorber la energía de un golpe. La madera posee una gran tenacidad por eso se utiliza en los mangos de las herramientas.

Hendibilidad

Alta al partirse en la dirección de sus fibras y vetas.

Color

Gran variedad cromática y de avetado.

Anisotropía

Distinto comportamiento físico según la dirección de la veta.

La madera a lo largo del tiempo

Prehistoria

Primeras fogatas

1.000.000 años

Los primeros vestigios de un fuego controlado se hace un millón y medio de años en los yacimientos africanos de Chesowani y Koobi Fora/ambos en Kenia. En el primer yacimiento se halló un 10 fragmento de sílice rubefactada asociado a la herramienta y a un hueso de Neanderthal.

Lanzas y jabalinas

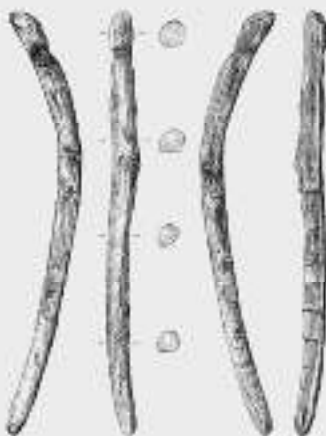
400.000 años

En Schwabing (Alemania) se han descubierto lanzas jabalinas de abedul y pino fabricadas por premodernos hace 400.000 años. Estas tienen una longitud entre 130 y 240 cm y un diámetro que varía de los 2 a los 3 cm. Fueron utilizadas para caza intensiva de mamíferos, por ejemplo en un mamífero de más de 14.000 huesos de animales, el sitio de excavación y el resto de deriva roja y blanca europea.



Arco de madera

El primer fragmento de arco de madera que fue tallado, es el de Mannheim-Altpetersberg (Alemania). Tiene una longitud de 17,480 años, 117 cm y un peso de unos 400 g. La parte posea una muesca para enganjar la cuerda de madera. Los restos más antiguos de flecha que se han encontrado son los huesos de Mannheim, de 14.000 años de antigüedad, localizados en una zona cercana a Hamburgo.



Palafitos

En las zonas montañosas de los Alpes, hace 7.000 años, aparecieron los palafitos, viviendas realizadas sobre pilares o muros de madera construidos en zonas de aguas tranquilas o pantanosas y en localidades cercanas. La altura de estas edificaciones se lo de a mantener el suelo de la vivienda a una altura adecuada del agua y sus efectos. El mayor hito de esta época es la construcción para el origen de la ciudad de Venecia, construida gracias a un sistema de pilotes, que es un pilar de 2 m de largo y 0,3 m de diámetro que se clavaban en el fango para crear grandes zonas en las que probar las bases.



Arado

5.000 años

El arado primitivo de madera se descubrió en el Egipto antiguo hace 5.000 años, aunque el origen de esta tecnología está en Delme Medio, obra de los primeros agricultores, que se usó en las zonas bajas entre el Tigris y el Eufrates. En un principio la fuerza de arar era proporcionada por seres humanos. En primer momento se usaba la utilización de animales como el año 2.000 a.C. y se relacionan con bueyes.



Rueda

La rueda hecha de madera apareció en el 5.000 a.C. en Mesopotamia. Para su uso en el comercio y la explotación arqueológica, se cree que las primeras ruedas aparecieron 2.000 años antes en Sumeria, como una forma de reducir el tiempo de transporte de los productos. Fueron los egipcios quienes incorporaron por primera vez las ruedas. Actualmente se usa en casi todas las máquinas.



Los tallidos

siglo VIII a.C.

Las grandes civilizaciones occidentales basaron su poder en la conquista del Mediterráneo y su control como eje vertebral de sus imperios, utilizando en sus armadas como centro de guerra a los tallidos. Desde antes del nacimiento de los grandes imperios de Grecia, Roma y el Califato Omeya, los tallidos dominaron el Mar Mediterráneo. Con una potente militar y comercial gracias al dominio naval que les permitió llegar a cualquier rincón del Mediterráneo, Oriente Próximo, India y el S.E. asiático. Fundaron en la Península Ibérica varias ciudades, entre las que destacan Gibraltor y Cartagena Nova, así como Cebrío y Cartagena.



Las barricas

El Imperio Romano usó los tallidos de madera como innovador principal tras la conquista de la Galia, en el 50 a.C. Los tallidos usaban una técnica para la construcción de barriles y las barricas, la técnica de la estibación y calentando las tablas al fuego, la misma técnica que usaban para fabricar el cemento. Tras esta invención, en el siglo IV Romano abandonó las barreras y comenzó a utilizar barriles por sus ventajas para el transporte, su construcción y su precio. Desde entonces, además de utilizarlos para que el vino almacenado en los tallidos resista con mayor tiempo y protección del estado de la madera, descubren en su técnica de fabricación del vino que se regula hasta nuestros días.



Los tablonas romanas

El Imperio Romano usó los tallidos de madera como innovador principal tras la conquista del Imperio Romano. La necesidad de obtener grandes tablonas para la construcción y la fabricación de barcos y carros, motivó la búsqueda de técnicas para obtener tablones de grandes dimensiones de 300 cm de largo. El resultado da un producto en los jardines de la «La Casa de Roma» en Roma, un producto que para su uso se usó en edificios y regiones procedentes de los que se usaron para el uso de más de 1.000 km.



Velas y madera

Las velas que usaron los navegantes de vela a finales del siglo VI, permitiéndoles realizar trayectos más largos y a mayor velocidad, pero no abandonaron el remo como fuente propulsora. Se usaba la vela en las grandes navegaciones de la Alta Edad Media, aprendiéndose por el Mar del Sur hasta el Imperio Bizantino y en el Mediterráneo hasta la India. Desde allí y sobre todo en el Golfo. La necesidad de su uso de madera les permitió recorrer los mares de las costas de Europa, como Barcelona en el siglo VIII, un año después. Los tallidos y los tallidos, hechos largos y estrechos de poco peso y costo, les hicieron ser la primera militar y comercial de la época.



El Islam y los artesanos

siglo VIII

Con la conquista de Al-Andalus como capital independiente (711-719), el desarrollo científico y matemático permitió aplicar el arte. La técnica de la construcción, que se usó en el Islam, la geometría es la unidad y el orden del universo como creación de Dios. Esta disciplina anterior al arte lo perfeccionó en el siglo VIII y los artesanos de madera, cuya máxima expresión es la Alhambra de Granada.



La guerra y la madera

Año 1688

Durante la plena Edad Media, de 1050 al 1250, se generalizaron las empujadoras de madera y las grandes armas de guerra como catapultas, mangochinas, trabucos y ballistas después de las guerras cruzadas. Arquitectónicamente, se desarrollaron las catedrales y los castillos, los edificios más altos que se hayan visto jamás. El problema de la guerra medieval



El agua y el aserrado

En el siglo XIII se comenzó a utilizar la energía hidráulica para el trabajo maderero. El uso de la sierra hidráulica fue impulsado por el desarrollo de las grandes construcciones como catedrales y palacios, que exigían grandes cantidades de troncos, vigas y otros elementos auxiliares fabricados con madera. Con respecto a la producción de herramientas existió una mayor velocidad de aserrado que hace el uso anterior de pilas de troncos en agua. El primer plano de un tipo de sierra data de 1320, hecho por el arquitecto francés Villard de Honnecourt.



La madera y el lujo

Año 1488

A finales de la Edad Media, la producción artesanal, el comercio y las artes adquirieron un gran esplendor. La producción artesanal se dio también en las construcciones como la religión, produciendo esculturas de esquisita técnica: candelabros y arcos, pilares, mesas, sillas, coronas y otros ornatos. El siglo XV se dio impulso por el arte de la madera, como el arte de la carpintería, que viajaron por toda Europa, expandiendo e intercambiando estilos.



La carebala

La carebala de Nuremberg para guerra de siglos, fabricada con hierro y a flangearse inventó la carebala en el siglo XV. Era un tipo de madera perfecta en el diseño de los dibujos y el tipo y permitía encontrar los grandes diseños, originales de la escuela de la escuela de pintura de las artes como los de Cristóbal Colón a América.



El catolicismo y los retablos

Año 1520

Los retablos de madera de las iglesias católicas fueron los elementos más relevantes en la decoración interior de templos y catedrales en el siglo XV. Fue una expresión de la cultura medieval y la producción en la Península Ibérica que dio el paso al otro lado del Océano Atlántico, a través de los navegantes y comerciantes. Fueron los más importantes en su época, tanto en el arte como en la arquitectura, y se convirtieron en un símbolo de la cultura medieval.



El descubrimiento de Oaxaca

año 1686

La madera mexicana al descubrirse sus propiedades, llegó a Alemania en 1686, lugar al que llegaron Austria-Incognita: la reina desconocida del sur. En 1776, el capitán inglés James Cook cartografió toda la costa este de Oaxaca y la llamó Nueva Galicia del Sur.



El Korrosio y la tala en madera

Las características físicas de la madera permitieron que la estructura barroca del siglo XVII, conocido como el Siglo de Oro español, alcanzase los más altos niveles de realismo escultórico hasta la fecha. Hubo dos grandes escultores barrocos que alcanzaron tal nivel: la Castellana, con Gregorio Fernández (1576-1646), como máximo exponente y la Borromea, con Juan Martínez Montañés (1590-1666) el Arco.



La madera laminada

año 1880

Apartir de la Revolución Industrial se experimentó con los maderas para obtener nuevas cualidades y formas, como la madera laminada de Friedrich Otto Hecker, german de los tableros de contrachapado desde 1855. La empresa Otto Hecker, fundada por sus hijos, dio a conocer los primeros de este material en la Exposición Mundial del 1913 en Bruselas, donde recibió dos premios, el primer país donde triunfó este producto fue Suiza, donde en 1928 se levantó más de 200 edificios con vigas hechas de dos Hecker.



Colofón y colofón

año 1880

La invención del colofón a partir de la combinación de dos tipos de resinas de animales, el principal polímero que forma la madera, dio lugar a la primera sustancia moldeable antes de endurecer, Nitroformano Celulox desde la primera invención de los metales. Fue descubierta por John W. Wood en 1880 y su aplicación como plástico se logró gracias a la invención de Hermann Stauder, quien en 1941 lo usó con ese propósito por primera vez. Una año después, Eamon Kelly presentó la película con emulsión fotográfica, sobre la que se usó el nitroformano como principal plástico del siglo XX.



Pinos resineros

año 1950

En 1951, España llegó a producir 55.000 toneladas de resina, lo que supuso el 10% de la producción mundial. Actualmente, la obtención de este material se está recuperando, sobre todo en Castilla y León, donde se han superado las 12.000 toneladas anuales. Se trata de un sector en alza porque las políticas europeas están potenciando la resina como producción sostenible frente a otras sustancias similares derivadas del petróleo.



El trabajo forestal

Las trituradoras forestales permiten desde el siglo XX el aprovechamiento del esdadero de tala en las montañas para la regeneración de los espacios naturales de manera sostenible, ayudando además en la prevención de incendios forestales. El trabajo forestal a nivel extractivo genera en España 111,8 millones de euros actualmente. La actividad primaria en el medio rural dedicada al sector silvícola y forestal ha aumentado un 11% con respecto al año anterior.



Andamios de bambú

En el continente asiático, hoy día siguen utilizándose andamios de bambú, llamados taap pang, para grandes obras por su flexibilidad, precio y rapidez en el montaje. Solo en Hong Kong hay más de 1.000 andamios de bambú, formados por más de 5 millones de esqujes que alcanzan los 8 metros. Se siguen utilizando porque son flexibles, permiten crear piezas de cualquier tamaño y montarse muy rápidamente: con obreros experimentados, se pueden colocar 20.000 metros cuadrados de andamio en un día.



El pellet

año 2000

Tras el Crac del 29, Estados Unidos se sumió en una profunda recesión económica. Fue entonces cuando una granja de pino de Idaho inventó una forma de reciclar el serrín y restos de poda en bloques de serrín prensado, del tamaño de un tronco mediano, de 20 a 30 cm de diámetro. Saló al mercado con el nombre de Proste-veg. Con el tiempo, se fueron creando formatos de biocombustible más pequeños, siendo el más conocido el pellet, uno de los combustibles calóricos domésticos más utilizados por su sostenibilidad y bajo costo. En 2015, en España se consumieron 600.000 toneladas de pellets.



Madera y otros materiales

En el siglo XXI, la madera se combina con otros materiales para generar compuestos-resinas y materiales sintéticos más ecológicos, que permiten su utilización en la construcción. Por ejemplo, en la Nigeria, la madera pasa de ser esculpida y cortada a extrusionada y modelada en filamentos de madera.



La madera: Composición, características y tipos

La madera es un material natural que aparece en forma de troncos y ramas de árboles, por lo que es de fácil su obtención y manipulación. Puede ser trabajado tal cual, eliminando material para darle la forma buscada o transformándolo en derivados mediante la utilización de sus resinas, cortezas y otros elementos. Es un compuesto higroscópico que reacciona a las variaciones de humedad de su entorno, alterando su volumen.

La madera está hecha de fibras de celulosa, el biopolímero natural más abundante de la corteza terrestre. Gracias a su utilización, los humanos hemos creado numerosos derivados, así como de las otras sustancias que la acompañan, como almidones, aceites y resinas y sus derivados, como el aguarrás o la trementina.

Por su dureza y su densidad, es buen aislante térmico y eléctrico, así como un gran conductor acústico.

Existen tantos tipos de madera como especies de árboles (más de 60.000), no todas aprovechables, se clasifican habitualmente en blandas o tempranas y duras, también llamadas tardías.

- Las blandas proceden de árboles de crecimiento rápido, perennes y coníferas, como olmos, álamos, pinos, cipreses y cedros. Son más fáciles de trabajar.
- Las duras son aún más resistentes y costosas, puesto que se obtienen de árboles de crecimiento más lento y son más difíciles de trabajar por su exterior irregular. Entre ellas destacan las maderas de caoba, roble, nogal, olivo, cerezo o fresno.

Las herramientas y útiles: usos y derivados

La madera forma parte de la gran mayoría de las herramientas que ha usado la humanidad a lo largo de su historia. Nuestra relación con este material surge hace más de dos millones de años cuando los primeros *Homo* se ayudaron de ramas para sus actividades vitales.

Los primeros útiles de madera tuvieron el objetivo de conseguir mayor fuerza, alcanzar mayores distancias para la caza o acceder a lugares limitados por el mismo físico humano. Los avances tecnológicos nos permitieron obtener mejores capacidades, adaptándonos al entorno con estrategias de otros animales.

La sedentarización humana produjo cambios en las necesidades. Las nuevas actividades requirieron nuevas herramientas y la madera y los vegetales fueron clave en este desarrollo tecnológico. El tejido sistemático de nuevos materiales como el esparto o el miembro dio origen a la cestería y motivó la aparición de los primeros tejidos y teleares.

El estudio y la comprensión de las características de cada tipo de madera aportaron a nuestros antepasados una visión óptima de su funcionalidad. En el terreno de la viticultura hay una evidente muestra de ello. En la producción del vino, desde sus orígenes, la madera está presente en las herramientas del proceso productivo como el prensado. Para su conservación, se eligieron barricas de roble, que aportan una maduración en la que el contenido se beneficia del continente, por sus propiedades organolépticas, perceptibles por los sentidos.



La construcción y el trabajo de la madera

Durante la revolución neolítica los grupos humanos comenzaron a construir diferentes edificaciones de madera asociadas al almacenaje, estabulación del ganado o a la propia vivienda.

Las primeras edificaciones estaban hechas de madera en rollo: troncos apeados y desarmados separados de la copa y clavados en el suelo. Los avances tecnológicos y de otros materiales hicieron que variase el empleo de la madera en la construcción. Durante la Antigüedad Clásica y la Edad Media la madera se utilizó para fabricar andamios, vigas, adintelamientos y otros soportes constructivos. También fue un material clave en la fabricación de las primera poleas que sirvieron para levantar otros materiales pesados. Las primeras poleas, utilizadas para levantar los materiales pesados, también eran de madera.

La madera fue un material básico en la colonización del oeste americano en el s. XIX. Hasta la progresiva llegada del ferrocarril, las carretas fueron el medio de transporte más utilizado. De la misma manera, el asentamiento exigió un rápido sistema constructivo que no requiriese conocimientos técnicos y se planteó una nueva técnica de construcción para la colonización más rápida posible: el *balloon frame*. Este sistema consistió en la sustitución de vigas por listones más finos y numerosos, clavados entre sí. El éxito fue tan rotundo que, con este sistema y su evolución, el *platform frame*, con paneles grandes en vez de tablas, se siguen construyendo las viviendas en toda América del Norte.

Desde el mundo clásico la carpintería ha sido un oficio que ha condensado todo el conocimiento sobre el trabajo de la madera, utilizado tanto en la construcción como en la creación de pisos y mobiliario de su interior.



La madera tecnológica, la celulosa y los nuevos compuestos derivados

Con la llegada de la industrialización, aumentó la demanda de madera para sus diferentes usos. La especialización laboral, la simplificación y estandarización de los procesos de fabricación requirieron en muchos casos de piezas prefabricadas de madera. De esta forma los elementos de madera comenzaron a estar muy presentes en las primeras líneas de montaje a principios del siglo XX.

Por su parte la química maderera permitió, mediante la combinación de la madera con diferentes ácidos y óxidos, la obtención de fibras derivadas de los polímeros de celulosa. Una de las más conocidas fue el rayón nitrocelulosa, imitación de la seda natural, de ahí su sobrenombre de seda artificial o seda Chardonnet, en honor a su inventor, Hilarie Chardonnet que la desarrolló en 1889. En 1908, Jacques E. Brandenberger inventó el celofán, en su búsqueda de un material para tejidos que repeliese la humedad. Su nombre viene de CELulosa diáFANA, por ser transparente, fino y flexible. Es también resistente a la tracción e impermeable. Su proceso de obtención es muy similar al del papel, mediante una cocción a presión hasta crear una pasta sin lignina. Si bien no se utilizó para su uso inicial, se hizo muy popular para el empaquetado de alimentos.

El desarrollo químico permitió crear otros formatos de material a partir de las virutas y fibras sobrantes. A lo largo del siglo XX, aparecieron nuevos formatos de madera en el mercado, que permitían una mayor y más barata producción en cadena.

Las tecnologías de fabricación actuales han abierto la puerta a la madera como elemento textil, como tejido y superando el uso tradicional en calzado y complementos.

En el siglo XXI, la madera se está combinando con otros materiales como el PLA -ácido poliláctico o poliácido láctico- de manera que se generan composites que permiten la fabricación por extrusión 3D, con la posibilidad de generar usos inmediatos al alcance de las personas a través de las impresoras 3D.

NUEVOS FORMATOS DE MADERA

contrachapado

El tablero contrachapado: encolado de chapas de madera laminada, impulsado por las industrias aeronáutica y automovilística para revestimientos interiores.

dm

El DM o tablero de fibras de densidad media. Obtenido aplicando presión y calor a fibras de madera con adhesivo. Homogéneo y uniforme, son adecuados para la fabricación de muebles por su facilidad para ser trabajados.

contralaminado

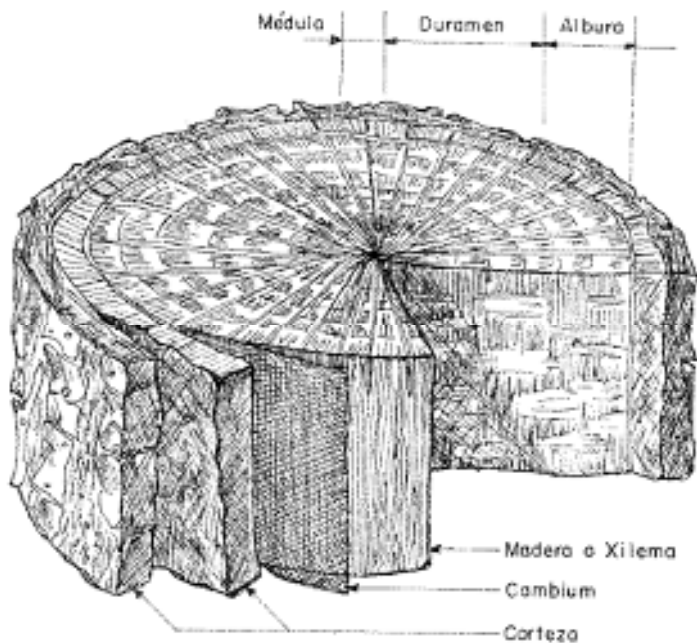
El tablero contralaminado, que alterna placas de madera con diferentes disposiciones de sus fibras para dotarlo de mayor resistencia a la torsión.

Proviene de árboles

1. Diferenciamos entre latifoliadas y coníferas, cada una con características únicas.

2. Las latifoliadas suelen ser más duras y resistentes.

3. Las coníferas son más ligeras y fáciles de trabajar.



Composición

1. La madera está formada por celulosa, hemicelulosa y lignina.

2. Cada componente cumple funciones específicas que afectan la calidad de la madera.

3. La proporción de estos elementos varía entre diferentes especies de madera.

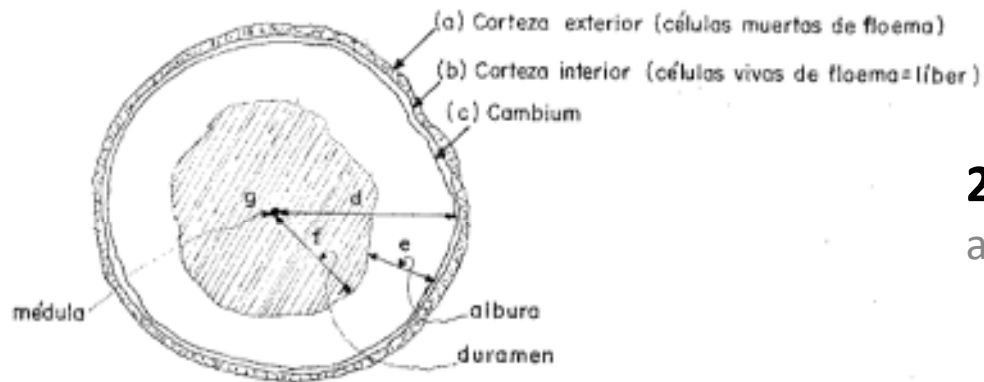
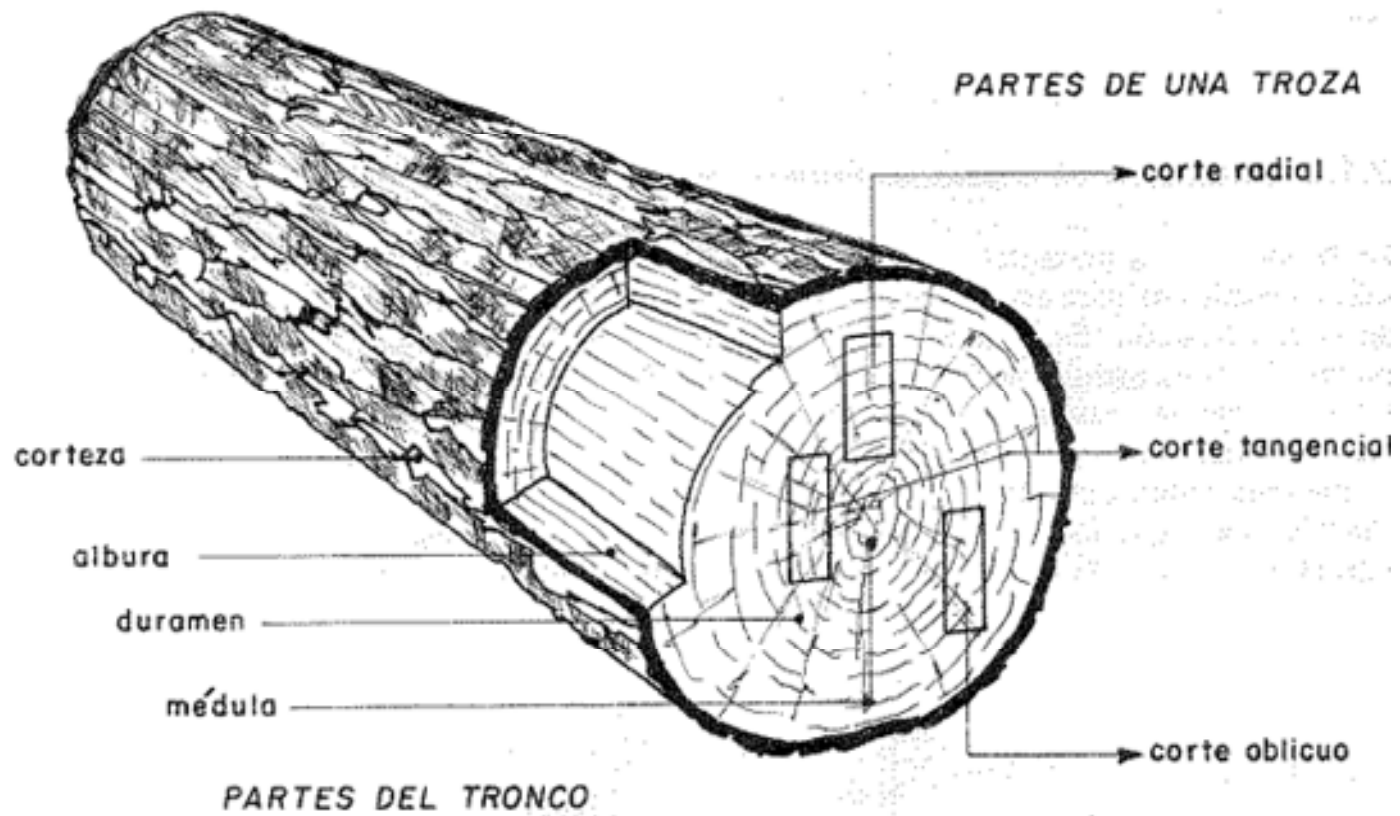


Figura 1.3 Partes del tronco



TRES PRINCIPALES TIPOS DE CORTES QUE SE PUEDEN REALIZAR EN UN TRONCO DE MADERA:

1.Corte Tangencial: Se realiza paralelo a los anillos de crecimiento, obteniéndose la llamada "madera de corte tangencial".

2.Corte Radial: Se realiza perpendicular a los anillos de crecimiento, siguiendo la dirección de los radios medulares o los radios de las circunferencias definidas por los anillos, obteniéndose la "madera de corte radial".

3.Corte Oblicuo: Se realiza siguiendo una dirección arbitraria, obteniéndose en general "madera de corte oblicuo".

Para realizar los cortes (tangencial, radial, oblicuo), el tronco debe colocarse correctamente en la sierra. Para madera estructural de calidad, el **corte radial es preferible por reducir deformaciones al secar**, aunque la elección depende del uso. Es crucial **liberar tensiones del tronco al aserrar alternando cortes** para evitar distorsiones. Finalmente, define **madera radial** con ángulos de anillos entre 60-90° y **tangencial** con ángulos menores, información útil para identificar y solicitar tipos de corte.

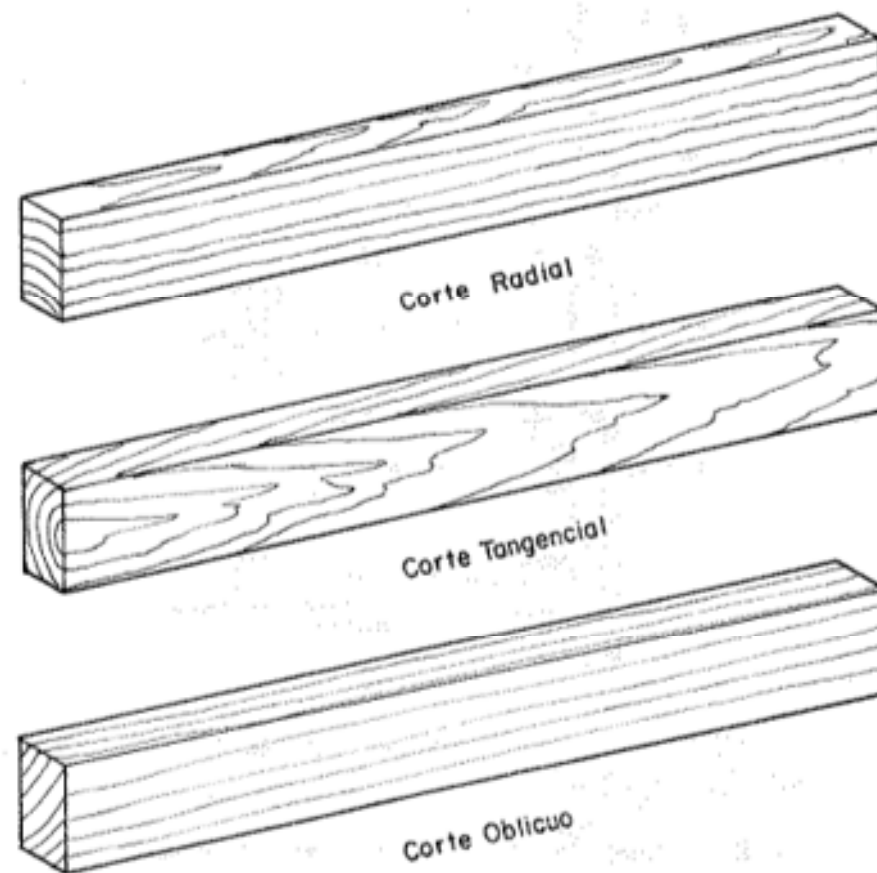


Figura 2.1 Denominación de los tipos de corte según su orientación en el tronco

Tipos de madera para construcción

Aunque la tecnología actual de está proporcionando una variada gama de tipologías donde incluso se añaden materiales extra que casan a la perfección, podemos clasificarlos en:

<i>Muy Duras</i>	<i>Ébano, Encino</i>
<i>Duras</i>	<i>Cerezo, Roble</i>
<i>Semiduras</i>	<i>Haya, Nogal</i>
<i>Blandas</i>	<i>Abeto, Pino</i>
<i>Muy Blandas</i>	<i>Sauce, Balsa</i>

- ***M. Natural noble o duras.*** Son aquellas pesadas y resistentes, que normalmente proceden de árboles que tienen un crecimiento lento (Ejemplos como Castaño, Cerezo, Ébano, Olivo, Fresno, Haya, Nogal, Roble ...etc)
- ***M. Natural blanda.*** El crecimiento de los árboles es mucho más rápido, por lo que su resistencia es más blanda y la venta de la misma es más económica, a precios bajos con relación a la anterior. Por ejemplo, entraría el pino.
- ***Madera artificial.*** Son producidas mediante virutas o láminas adecuadamente combinadas. Donde entran el contrachapado, aglomerado, tableros de fibra y las tablas.

En modo resumen, dentaríamos los siguientes tipos de madera para la construcción con las características básicas y sus usos:

Tipo de Madera	Características	Usos Comunes
Roble	Durable, resistente, rica en color	Construcción de estructuras, pisos, mobiliario
Cedro	Resistente a insectos y putrefacción, liviano	Revestimientos, techos, muebles de jardín
Pino	Versátil, económico, fácil de trabajar	Estructuras, revestimientos, pisos
Nogal	Fuerte, atractivo, resistente a la humedad	Mobiliario, paneles, pisos de alta calidad
Abeto	Ligero, fuerte, fácil de trabajar	Estructuras, puertas, ventanas
Caoba	Durable, resistente a la putrefacción, atractiva	Mobiliario de alta gama, puertas, ventanas
Teca	Resistente a la humedad y los insectos, durable	Mobiliario de exterior, cubiertas
Bambú	Sostenible, fuerte, flexible	Estructuras, mobiliario, pisos

Se ha comprobado que el secado **mejora las propiedades tecnológicas y la estabilidad dimensional** de la madera, por lo que prácticamente toda la madera recibe un acondicionamiento físico antes de su uso.

La **eliminación del agua** tiene varios propósitos importantes para obtener productos de buena calidad, incluyendo:

- Mejorar la **durabilidad y la estabilidad dimensional**.
- Lograr **acabados** de calidad.
- Generar **economía en la producción** al reducir el peso de la madera.

Durante el secado se producen **cambios dimensionales** que pueden originar **defectos** en la pieza. Por lo tanto, la técnica de secado debe evitar fundamentalmente la aparición de estos defectos que disminuyen el valor o limitan el uso de la madera. Además, el secado debe realizarse considerando la **rapidez y la economía** del proceso.

Otra función crucial del secado es obtener un producto con un **contenido de humedad (CH)** compatible con el que tendrá al estar en servicio. Este contenido de humedad de equilibrio (CHE) depende fundamentalmente de las condiciones ambientales a las que se exponga la madera.

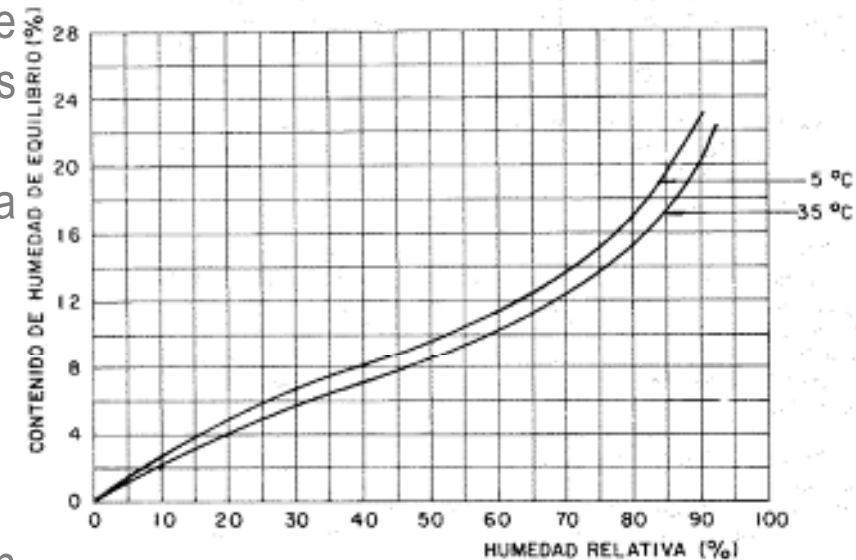


Figura 2.3 Contenido de humedad de equilibrio (CHE) en función de la humedad relativa y la temperatura

SECADO NATURAL DE LA MADERA

En el secado natural, la madera, adecuadamente apilada, se expone a la acción de los factores climáticos (temperatura, humedad relativa, velocidad del aire) del lugar donde está apilada. Para una mayor eficiencia del secado natural es necesario tomar en cuenta las siguientes condiciones:

- Un patio de secado adecuadamente acondicionado.
- Uso de separadores adecuados.
- Apilado correcto de la madera.

CONDICIONES PARA EL SECADO NATURAL

Patio de secado.

Un patio de secado adecuadamente acondicionado requiere de cumplir tres condiciones básicas:

1. Localización del patio de secado.
2. Preparación del terreno.
3. Mantenimiento del patio de secado.

1. Localización: El patio de secado debe estar ubicado:

- En una zona que garantice la circulación de aire alrededor de cada tabla para lograr un secado uniforme. De preferencia en un lugar libre de edificaciones y árboles altos.
- En una zona libre de malezas, desperdicios y charcos de agua para evitar la obstrucción en la circulación del aire y fuentes de humedad.

2. Preparación del terreno. Antes de secar madera debe prepararse el terreno de tal manera que se garantice una mayor eficiencia del proceso de secado. La preparación del terreno incluye:

- Piso afirmado y con pendiente para facilitar el drenaje del agua ante posibles lluvias.
- El canal de drenaje debe estar en la parte delantera del patio y directamente conectado a las tuberías de desagüe. Si no se cuenta con un sistema de tuberías se debe colocar grava para evitar la acumulación de agua cerca de la madera.

1. Localización: El patio de secado debe estar ubicado:

- En una zona que garantice la circulación de aire alrededor de cada tabla para lograr un secado uniforme. De preferencia en un lugar libre de edificaciones y árboles altos.
- En una zona libre de malezas, desperdicios y charcos de agua para evitar la obstrucción en la circulación del aire y fuentes de humedad.

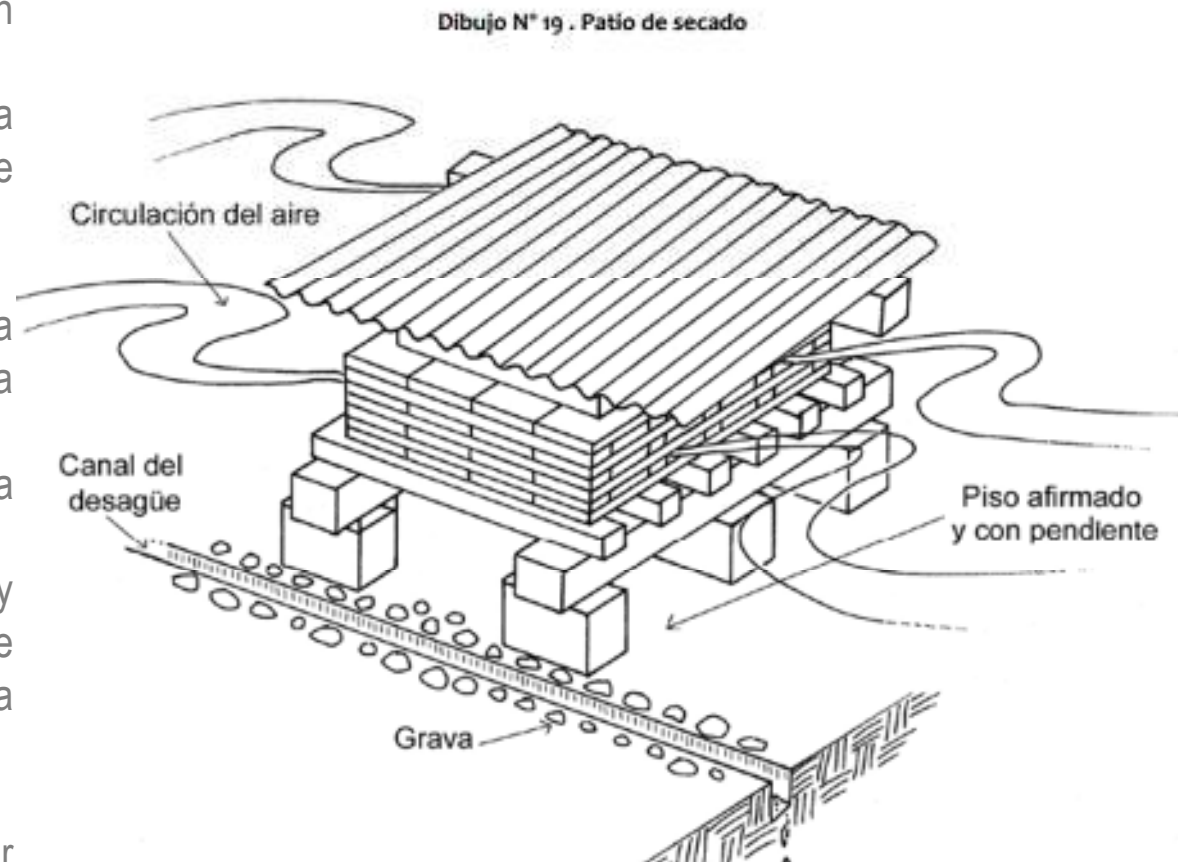
2. Preparación del terreno.

Antes de secar madera debe prepararse el terreno de tal manera que se garantice una mayor eficiencia del proceso de secado. La preparación del terreno incluye:

- Piso afirmado y con pendiente para facilitar el drenaje del agua ante posibles lluvias.
- El canal de drenaje debe estar en la parte delantera del patio y directamente conectado a las tuberías de desagüe. Si no se cuenta con un sistema de tuberías se debe colocar grava para evitar la acumulación de agua cerca de la madera.

3. Mantenimiento del patio de secado:

- Realizar, periódicamente, campañas fitosanitarias para combatir la presencia de hongos e insectos que pueden dañar la madera.
- Limpieza periódica del patio de secado para garantizar el buen funcionamiento del sistema de drenaje y circulación del aire entre las pilas.



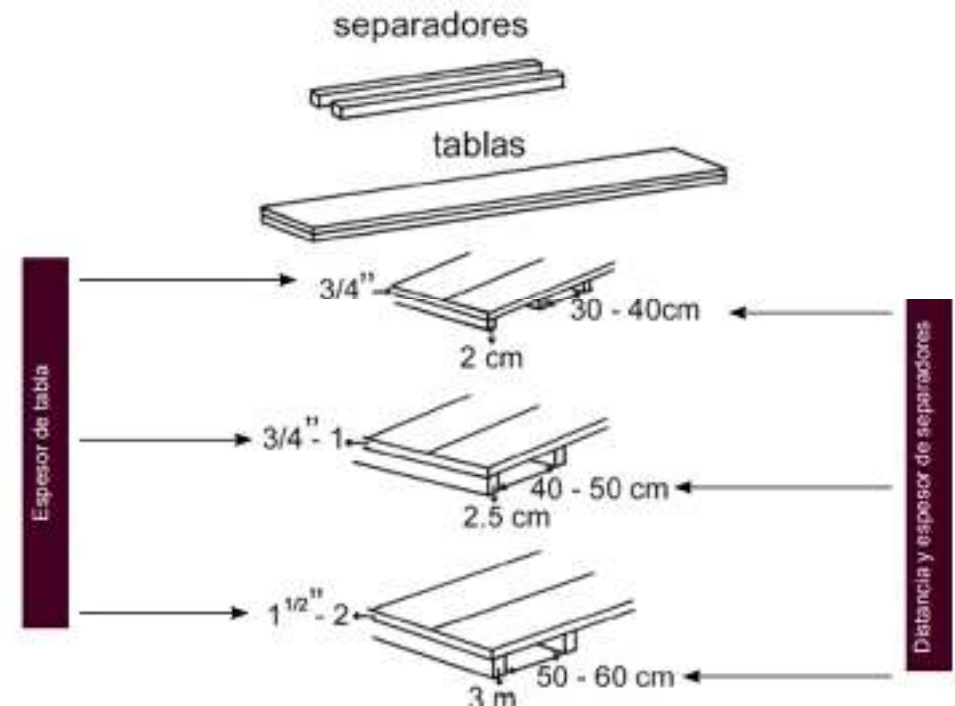
Separadores.

Los separadores o listones son elementos valiosos para garantizar un proceso de secado eficiente, deben reunir las siguientes características:

- Preparados con madera de grano recto y dimensionalmente estable.
 - Tener alta resistencia mecánica.
 - Estar secos y libres de torceduras y rajaduras.
 - No se debe emplear maderas que exuden resinas o taninos para evitar defectos de manchas por contacto con las tablas a secar.
- En el siguiente cuadro podemos apreciar el espesor que deben tener los separadores y la distancia a la que se deben colocar en relación al espesor de la madera:

Espesor de la madera (pulgadas)	Espesor de los separadores (cm.)	Distancia entre separadores (cm.)
Menor de ¾"	2	30-40
¾" - 1"	2.5	40-50
1 ½" - 2"	3	50-60

Dibujo N° 20 . Espesor y distancia de separadores según el espesor de la tabla

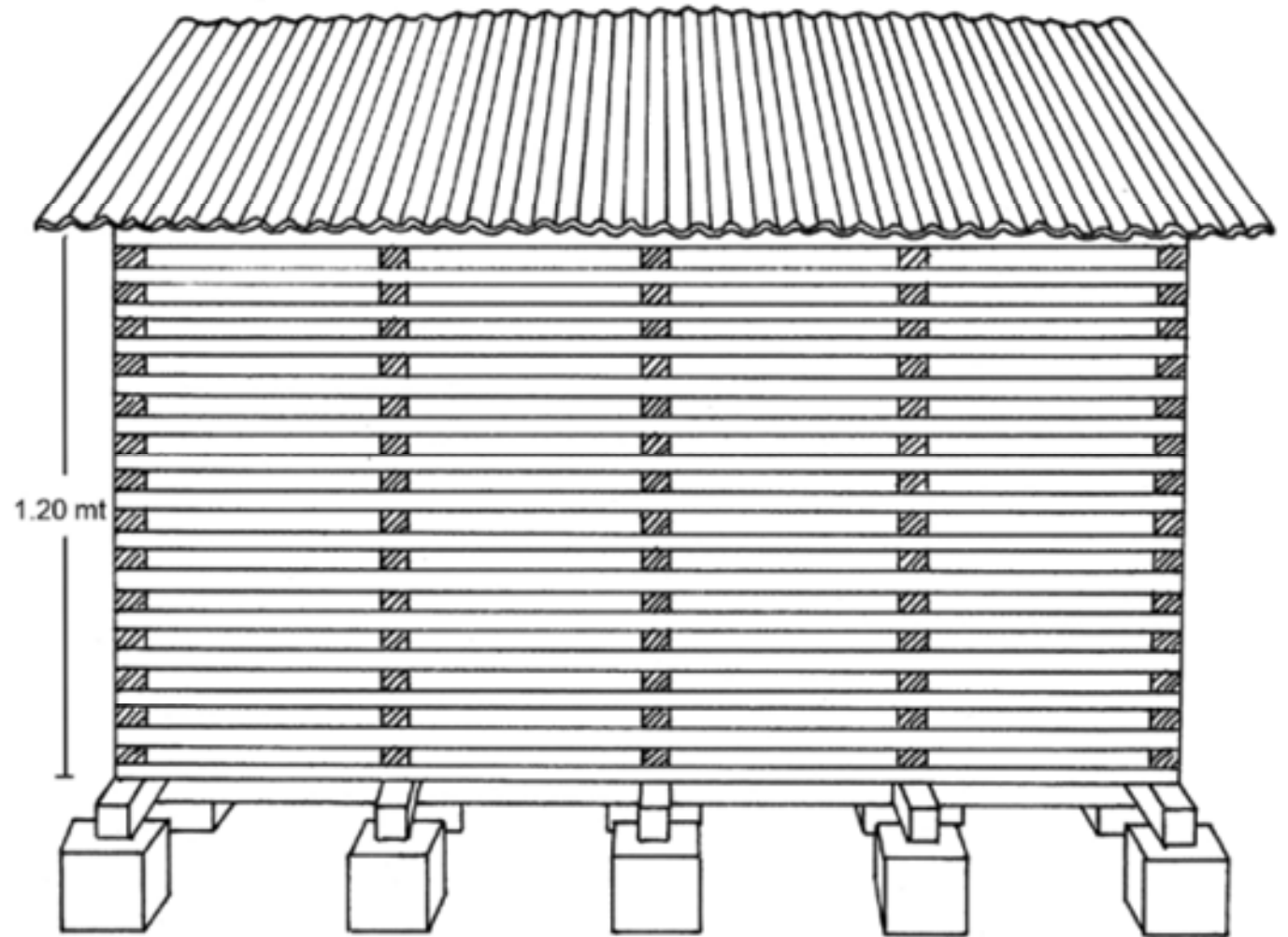


Apilado de la madera.

El éxito del proceso de secado depende de un adecuado emparrillado o apilamiento de la madera. Existen tres formas de apilar madera en el secado natural:

- Horizontal.
- Triángulo.
- Caballete.

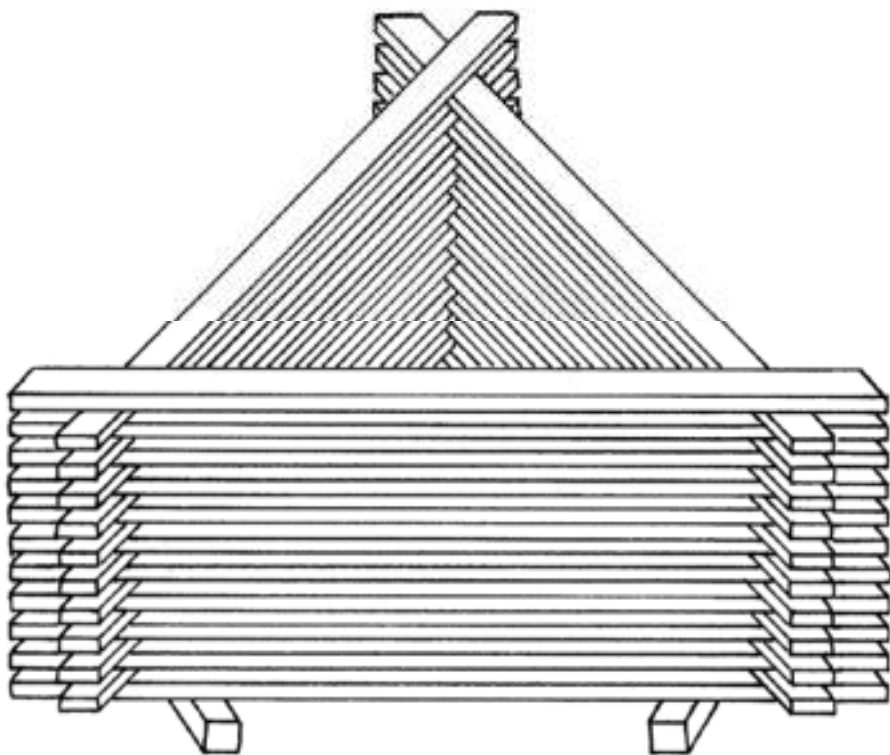
El apilado horizontal consiste en formar pilas horizontales con las tablas que se van a secar; colocadas una al lado de la otra y separadas verticalmente con listones o separadores. Adicionalmente, debe considerarse la preparación de tucos o tacos de madera de 4 x 4" sobre los cuales se coloca el emparrillado, para evitar el contacto de la madera con el suelo.



El apilado en triángulo

consiste en la formación de pilas mediante el entrecruzamiento de los extremos de las piezas. En este tipo de apilado no se usan separadores.

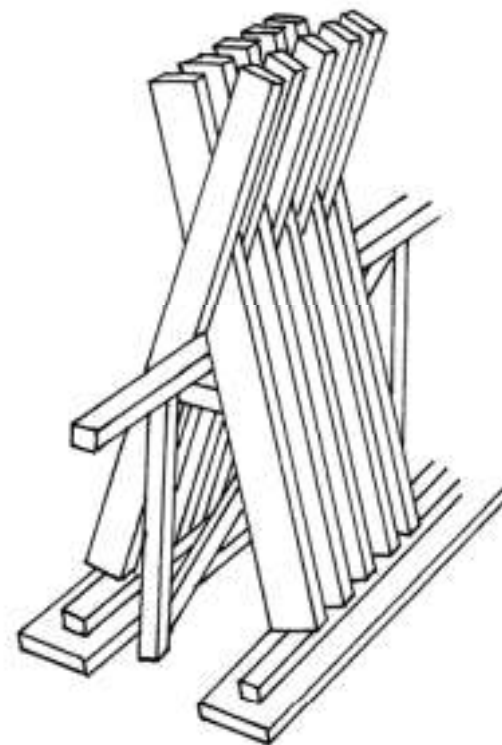
Dibujo N° 22 . Apilado de la madera en triángulo



El apilado en caballete o “X”

consiste en la colocación de las tablas reclinadas o cargadas de canto, sobre una viga transversal o soporte. En el extremo inferior se colocan sobre una guía separada del suelo.

Dibujo N° 23 . Apilado de la madera en caballete o X



Cada uno de estos tipos de apilado tienen ventajas y desventajas, las que veremos a continuación:

Tipo de apilado	Ventajas	Desventajas
Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> - Mejor calidad de secado. - Se puede apilar mayor cantidad de madera. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ocupa más espacio. - Demora más tiempo.
Triangular	<ul style="list-style-type: none"> - Secado rápido. 	<ul style="list-style-type: none"> - Puntos de encuentro entre maderas quedan húmedos. - Mayor posibilidad de presencia de defectos: Alabeos y grietas. - Riesgo mayor de ataque de hongos en las partes de contacto.
En X o Caballete	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere menor espacio. - Secado rápido porque las piezas están expuestas, casi completamente, a la acción del medio ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> - No se puede secar maderas con tendencia a torceduras porque hay mayor riesgo de alabeo. - La parte inferior seca más lentamente.

PROCESO PARA EL SECADO NATURAL CON PILAS HORIZONTALES

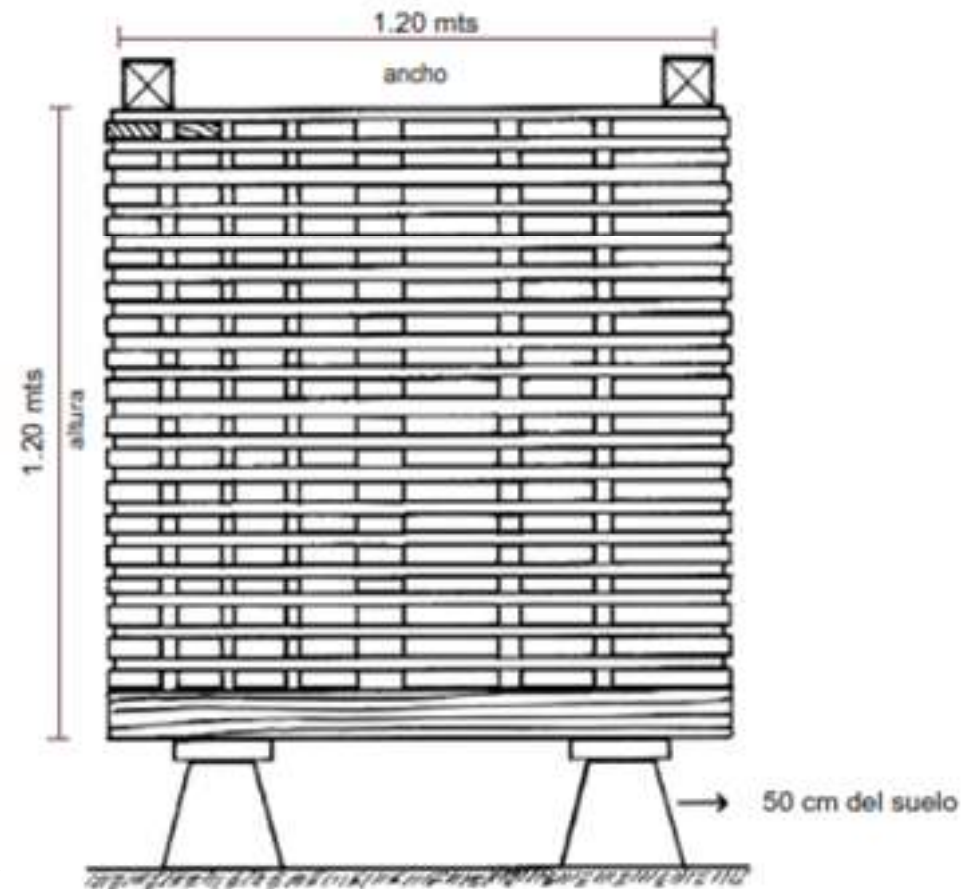
Se toman en cuenta dos aspectos:

1. Preparación del Apilado.

Para la preparación de las rumas se debe tener en cuenta las siguientes pautas:

- Preparar las bases o cimientos donde descansarán las maderas (tucos de madera) y que la mantendrán alejada de la superficie del suelo, facilitando la evacuación del aire húmedo que desciende a través de la pila y tiende a permanecer en la parte baja. El espacio mínimo es de 40-50 cms.
- Las bases tienen que ser de material resistente y duradero. Si son de madera, estas deben ser previamente secadas y preservadas.
- Homogenizar las características de la madera, seleccionándolas teniendo en cuenta: La especie; el espesor; el lote o zona de procedencia, y la longitud de las tablas.
- El ancho de las pilas varía entre 1 y 2 metros, siendo el ancho más común 1.2 metros.
- Generalmente la altura de las pilas es de 1.2 metros; aunque puede ser mayor si se cuenta con una grúa montacarga.
- Proteger los extremos de las tablas cubriéndola con pintura o una mezcla de sal y cal, sobre todo si los rayos solares pueden caer directamente a los extremos de las pilas.

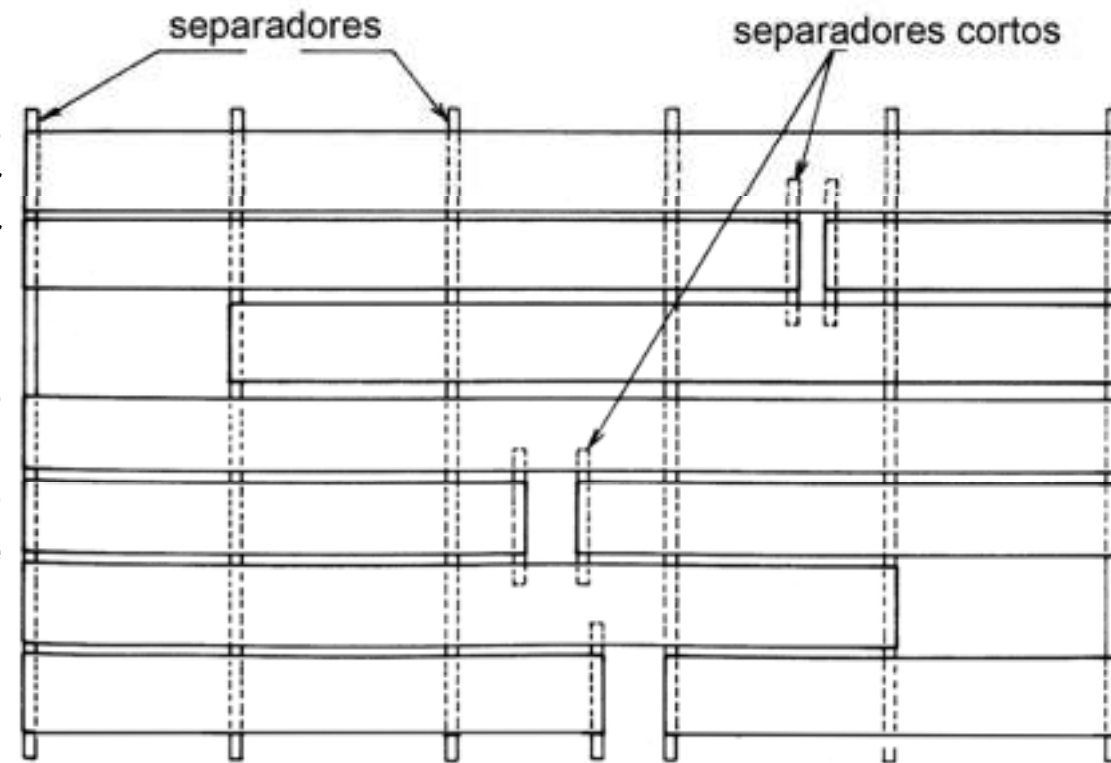
Dibujo N° 24 . Vista lateral de una ruma sobre bases



Si no se puede homogenizar las características de la madera, debemos tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

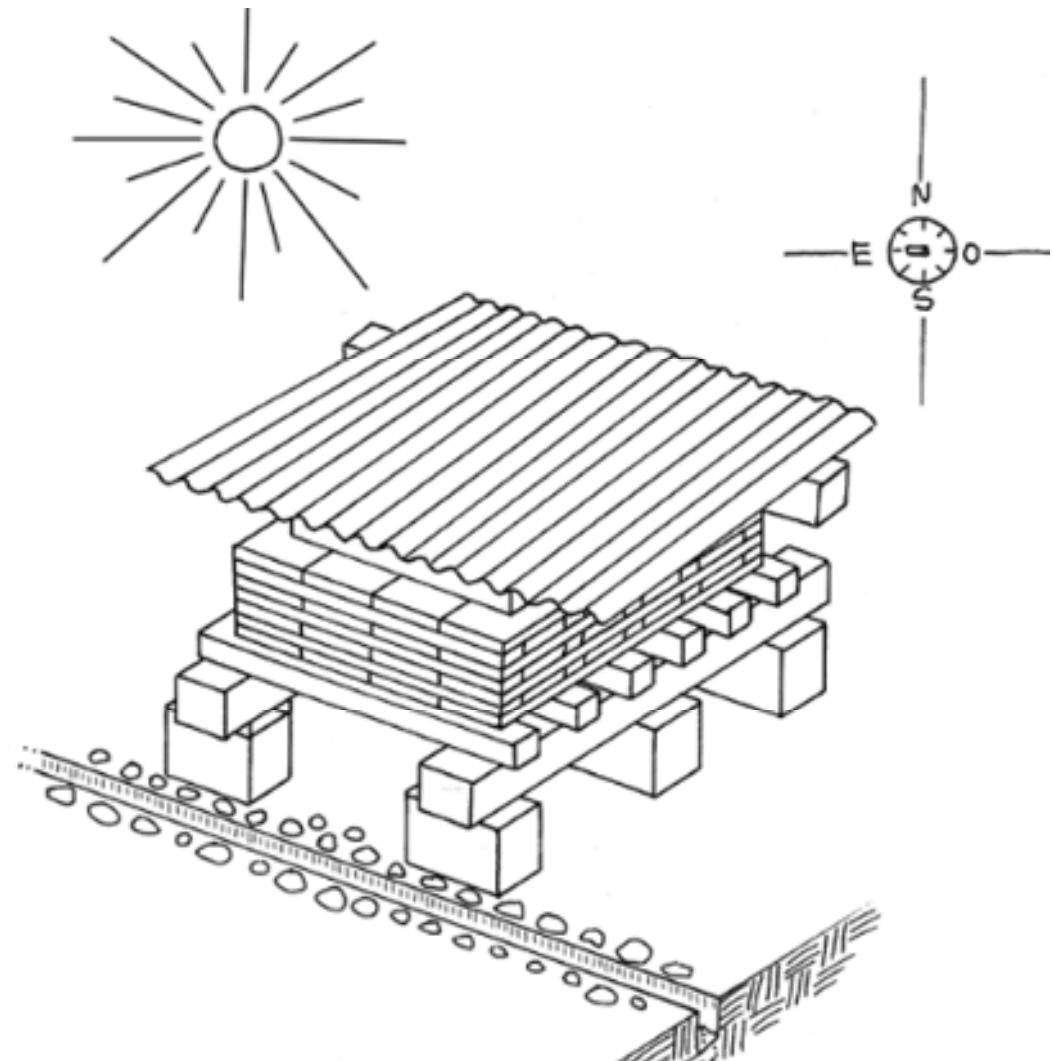
- Colocar las tablas más largas en la parte inferior y las más cortas arriba, tratando de mantener el largo del paquete.
- Si se arma distintos espesores en una ruma, es conveniente colocar la madera gruesa en la parte inferior y la delgada en la parte superior. Para evitar arqueamientos se puede colocar un peso o carga muerta para que haga presión en las tablas.
- Colocar las maderas más húmedas abajo, porque las maderas con menor contenido de humedad se secan más rápido y, por tanto, se pueden usar antes. En este caso se debe tener cuidado de colocar las piezas de mayor contenido de humedad, de tal forma, que permita el control del contenido de humedad que va alcanzado en el proceso de secado.
- Armar la ruma o paquete manteniendo los lados del paquete a escuadra, dejando algunos espacios interiores y colocando separadores en los sitios que requieren apoyo a las tablas interiores más cortas

Dibujo N° 25 . Ruma de tablas de longitud variable



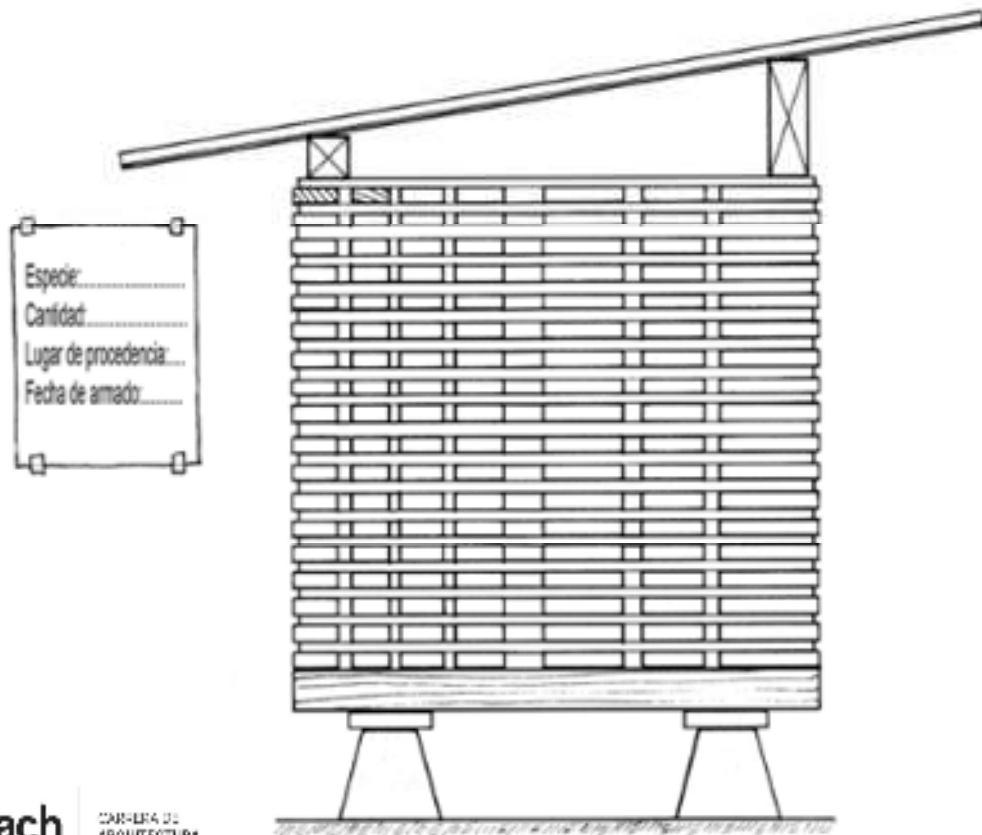
2. Distribución de las Pilas en el Patio de Secado.

- a) Colocar las maderas teniendo en cuenta la trayectoria del sol. Si la luz es de Este a Oeste, el apilado debe hacerse de Norte a Sur, con lo que se logra la protección de las cabezas de las tablas, reduciendo de esta manera la presencia de grietas o rajaduras en la madera. De todas formas es recomendable aplicar una capa de pintura látex en las cabezas.
- b) Si el área de secado no es techada, se recomienda colocar una cubierta de zinc u otro material, para evitar que la radiación solar caiga directamente sobre las tablas superiores, minimizando así el deterioro de la madera, como se muestra la imagen



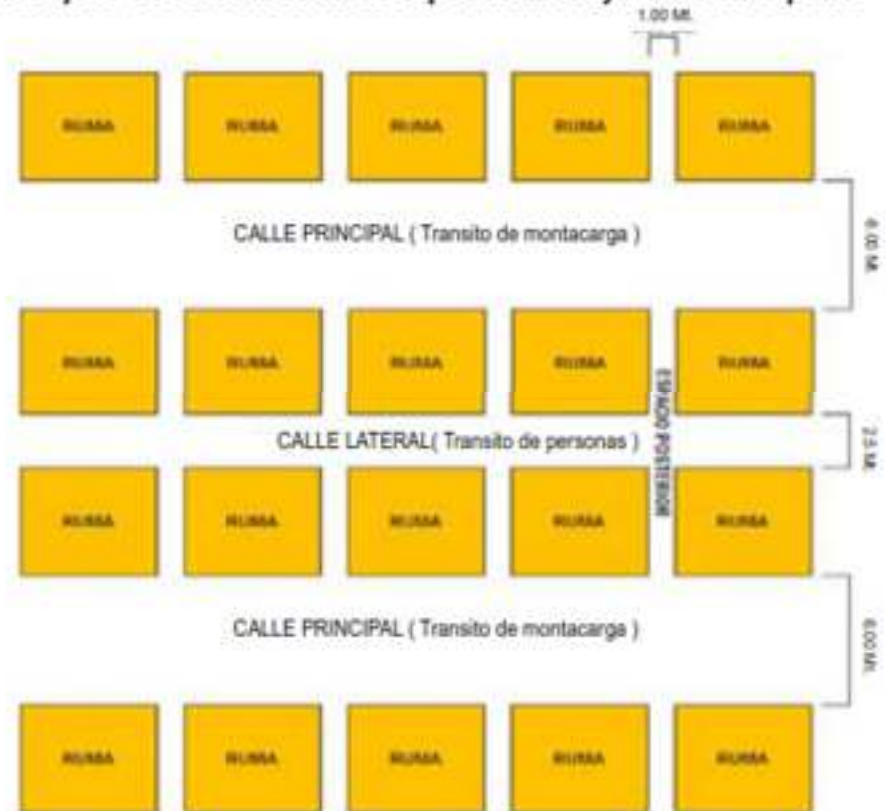
c) Colocar en cada ruma o pila, una tarjeta (kardex) indicando: Especie, cantidad de tablas (por espesor y tipo), lote o lugar de procedencia y fecha de armado; a fin de mantener un control y poder emplear la madera en orden de armado

Dibujo N° 27 . Ruma con tarjeta



d) La distribución de las rumas en el patio de secado debe considerar espacios libres para el pase de los trabajadores y montacargas, facilitando el movimiento de los trabajadores y de la madera. Además, los espacios entre las pilas facilitan el secado de la madera; cuanto más espaciadas estén las pilas mayor será la velocidad de secado.

Dibujo N° 28 . Distribución de espacios libres y rumas en el patio



DURACIÓN DEL PROCESO EN EL SECADO NATURAL

En el secado natural no podemos controlar los factores ambientales de los cuales depende el proceso, por lo que, el tiempo requerido para el secado de la madera es mayor al tiempo que se requeriría de realizar el secado con un método artificial o técnico. En el secado natural se puede lograr un contenido de humedad final entre el 25% y 30%. Mientras se puede lograr un contenido de humedad final de hasta el 6%. Veamos un ejemplo

Especie:	:	Pino
Espesor	:	1
Contenido de humedad inicial	:	65%
Secado natural:		
Contenido de humedad final	:	25%
Tiempo total	:	4 a 6 meses
Secado artificial:		
Contenido de humedad final	:	12%
Tiempo total	:	14 días

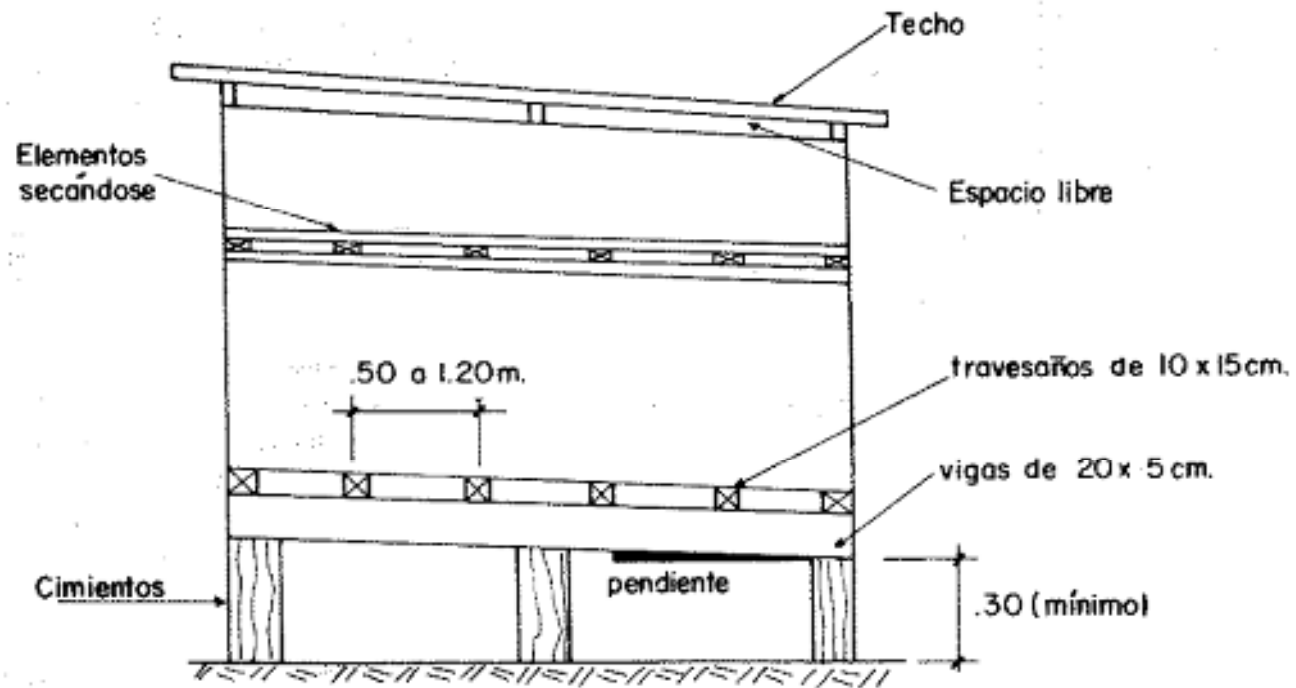
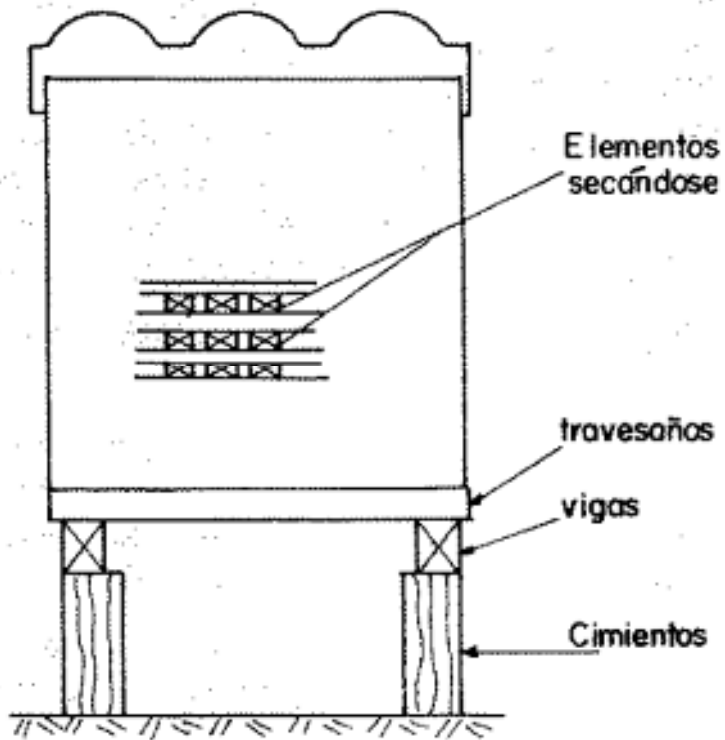
Cuadro N° 6 . Ventajas y desventajas del secado natural

Ventajas	Desventajas
- Bajo costo de inversión con respecto a otras tecnologías.	- El contenido de humedad que alcanza la madera depende de las condiciones ambientales (humedad relativa y temperatura de la zona donde se seca la madera).
- Si el apilado y orientación de las maderas son correctos, reduce los costos y mejora la calidad del proceso posterior de secado artificial.	- No es posible controlar las condiciones de humedad del aire, factor imprescindible para el secado.
- Es recomendable para especies difíciles y/o resinosas como pre-secado hasta un contenido de humedad por debajo al 30%.	- El secado natural requiere de un tiempo mayor al del secado artificial.

SECADO ARTIFICIAL DE LA MADERA

El secado artificial es el proceso por el cual se elimina el agua de la madera mediante el empleo de temperatura, humedad y ventilación, diferentes a las naturales, obtenidas por medio de aparatos e instalaciones especiales, siendo los hornos secadores los más comunes. El secado artificial reduce considerablemente el tiempo de secado y la madera secada artificialmente puede adquirir valores muy bajos de CH. Bajo la condición de que el proceso se realice correctamente, la madera obtenida es de mejor calidad que la secada al aire, debido a que la madera se seca en condiciones controladas de temperatura y humedad relativa.

Los hornos, en general, constan de una o varias cámaras en las que la temperatura y humedad relativa pueden mantenerse a un nivel deseado, sea por control manual o automático. Un horno bien controlado secará la madera a un contenido de humedad previsto, en el menor tiempo posible y sin producir defectos en la madera



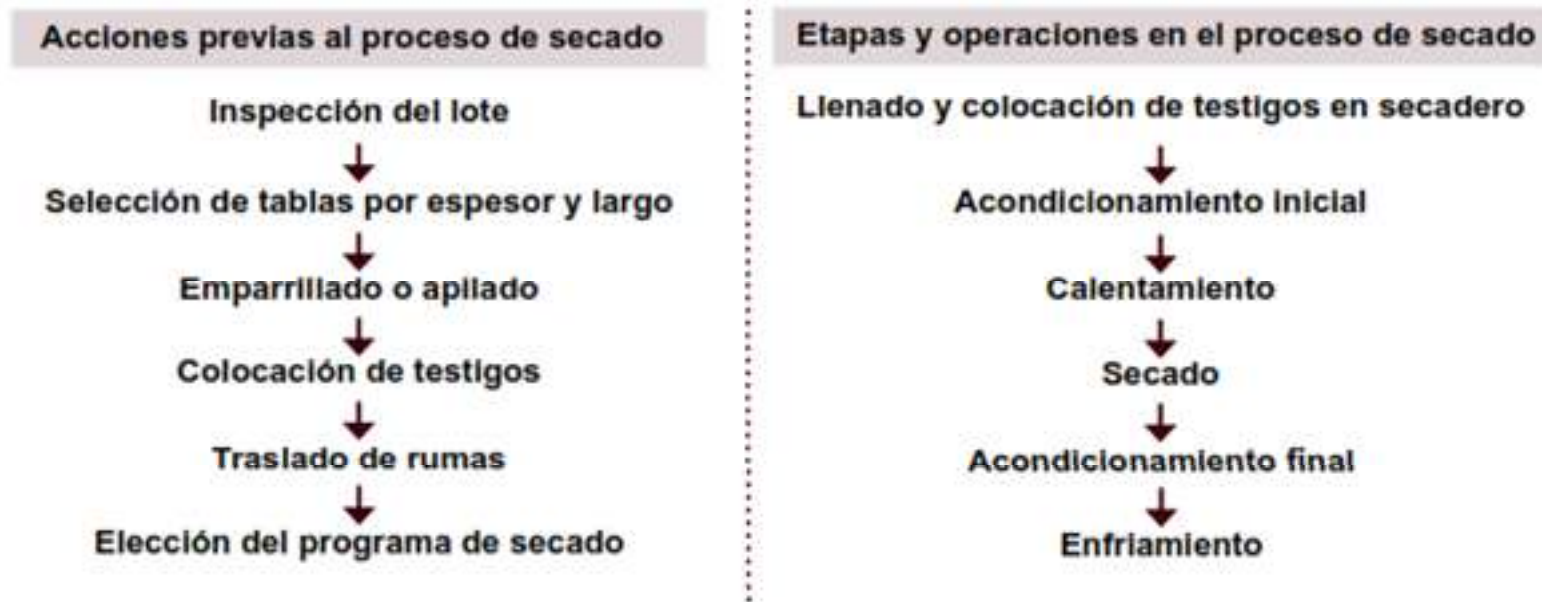
SECADO ARTIFICIAL DE LA MADERA

Un constructor que decide secar su madera a través del método artificial busca:

- Disminuir el tiempo de secado de su madera, para usarla lo más rápido posible.
- Que el contenido de humedad sea homogéneo en las distintas tablas.
- Que el contenido de humedad sea el requerido por el cliente.

En el proceso de secado artificial, se deben tomar en cuenta las operaciones previas al secado, las operaciones del mismo proceso de secado y el monitoreo y control durante el proceso de secado de la madera.

Gráfico N° 1 . Acciones previas, operaciones en el proceso de secado y monitoreo y control



a). Acciones previas al proceso de secado

La eficiente realización del proceso de secado asegura un efectivo secado de la madera. En esta etapa los puntos críticos son: el apilado o emparrillado y la elección de un adecuado programa de secado. El apilado porque de ello dependerá la cantidad de mermas y el óptimo secado; y, la elección del programa que deberá definirse en función de la especie, espesor y nivel de humedad inicial de la madera. A continuación se describe en forma breve cada una de las acciones previas:

1. *Inspección del lote:* Consiste en la verificación visual de la calidad de la madera. Se registran los defectos.
2. *Selección de tablas:* Se clasifican las tablas según su espesor y largo.
3. *Barrido de tablas previo al emparrillado:* Se barren las tablas para eliminar restos de polvo o resina que obstruyan o cubran los poros.
4. *Emparrillado de paquetes o rumas de madera:* En esta operación debemos tener en cuenta la selección en función al espesor a secar y el adecuado procedimiento del armado de rumas o paquetes. Aquí se presentan algunos cuidados y recomendaciones:

- Los separadores:
 - Preferentemente, deben ser de maderas no resinosas y duraderas como el Tornillo.
 - Deben ser elaborados, con madera seca (10% de Contenido de Humedad) y de buena calidad, libre de defectos y sin deformaciones.
 - Deben tener un espesor uniforme, entre 12 mm (1/2”) y 25 mm (1”).
 - Corte a escuadra y perfectamente cepillados.
 - Pueden ser rectos y/o moldurados.

- Deben ser cambiados apenas presenten deformaciones.
- Armado de Rumas:
 - Si se cuenta con un montacarga para llenar el horno, se recomienda armar las rumas antes del llenado para facilitar la manipulación de las tablas; además en este proceso las tablas se van oreando, como si fuera un pre-secado, hasta tener lista la carga.
 - Cada paquete de madera, debe organizarse por espesor y largo, a fin de que los largos sean múltiplos del ancho máximo permitido por la cámara.
 - Los paquetes deben estar claramente identificados para su acomodo en el momento del llenado del horno.

5. *Colocación de testigos:* Adicionalmente, durante la etapa de armado de las rumas se debe ubicar los clavos y sensores que serán luego conectados como testigos al controlador del horno. Estos deben ubicarse en la mitad del paquete, tanto horizontal como vertical, colocando los clavos para los testigos, en el centro horizontal y vertical de la tabla seleccionada y por la cara inferior de la misma.



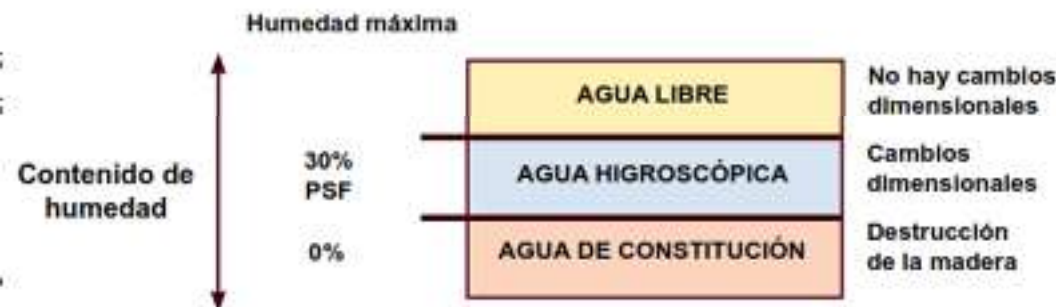
6. *Traslado de rumas*: Consiste en trasladar las rumas armadas a la cámara de secado, cuidando de que no se muevan los separados para asegurar su debido alineamiento.

7. *Elección del programa*: Para elegir el programa de secado se toma en cuenta la especie, el espesor y el contenido de humedad inicial de la madera. Generalmente los fabricantes de hornos emplean, como referencia en sus programas, maderas europeas y africanas, en algunos casos aparecen el Cedro y la Caoba.

Para aquellas especies nacionales que no aparecen en los programas preestablecidos, se recomienda comparar información de densidad de las maderas europeas o africanas con aquellas Nacionales que se deseen secar. Los programas de secado pueden ser:

- **Fuerte o acelerado**: Secado rápido a temperaturas altas, de 50°C a 70°C. Se usa para maderas con poca tendencia a defectos, sin inclusiones y espesores menores (de ¾" a 1"). Ejemplo: Caoba, Cedro.
- **Suave o lento**: Secado lento a temperaturas bajas (40°C a 60°C). Se usa para maderas de difícil secado, con tendencia a defectos y con inclusiones. Ejemplo: Moena Rosada de 1 ¼" de espesor.
- **Moderado**: Programa intermedio entre los dos anteriores, a una temperatura de 45°C a 65 °C. Ejemplo: Moena Rosada de 1" de espesor o Caoba de 2".

Gráfico N° 2 . Cambios dimensionales según contenidos de humedad de la madera.



b). Operaciones de Secado

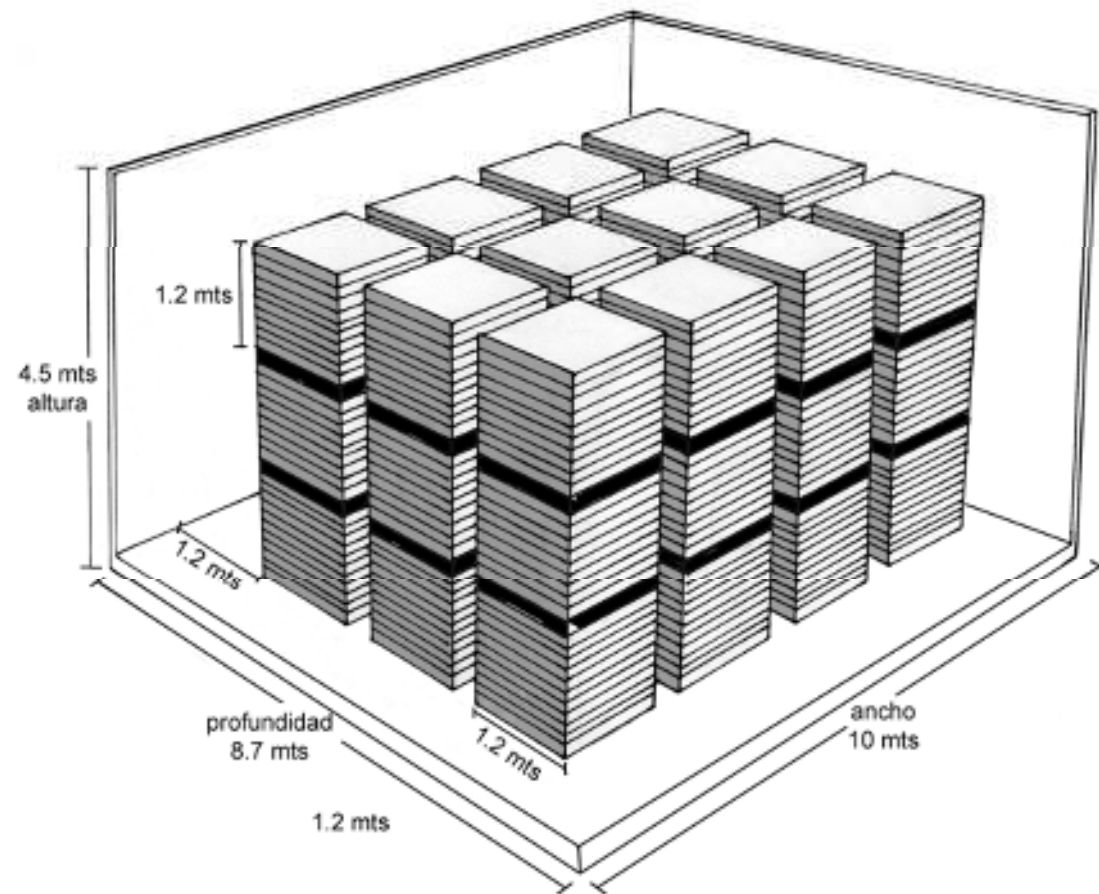
El proceso de secado de la madera se lleva a cabo aplicando un programa de secado específico, comenzando con la carga del horno y finalizando con el enfriamiento. Es fundamental monitorear y controlar la correcta ejecución del programa de secado.

1.Carga del Horno: La cantidad de madera a cargar depende de la capacidad del horno y el grosor de la madera. Es esencial seguir las instrucciones del fabricante para la carga, considerando las dimensiones del horno (ancho, profundidad y altura) para asegurar una adecuada circulación del aire y un secado efectivo. Los paquetes de madera con sensores de humedad se colocan estratégicamente dentro del horno para controlar la humedad, y es importante alinear correctamente las pilas de madera para evitar deformaciones. Si se secan maderas de diferentes grosores, se deben organizar de manera que las piezas más gruesas permitan un flujo de aire continuo. Para maderas propensas a deformarse, se utilizan contrapesos. Si el apilamiento se realiza dentro del horno, se siguen los mismos procedimientos, asegurando la alineación vertical y horizontal de los separadores y la colocación cuidadosa de los sensores de humedad.

2.Acondicionamiento Inicial: Para homogeneizar el contenido de humedad de las tablas, se aumenta la humedad dentro del horno durante esta fase, que dura varias horas.

3.Calentamiento: Se eleva la temperatura del horno para calentar la madera, dilatando los poros y facilitando el secado posterior de las capas internas. Esta etapa también dura varias horas.

Dibujo N° 31 . Dimension de una cámara de secado de 20,000 Pt.



4. Secado: Esta es la etapa principal del proceso, donde se elimina el agua de la superficie de la madera y se desplaza el agua desde el interior hacia la superficie. Comprende dos subfases:

1. **Subfase 1:** Eliminación del agua libre, caracterizada por una alta liberación de vapor; esta fase dura varios días y se observa una rápida pérdida de humedad en la madera.
2. **Subfase 2:** Eliminación del agua higroscópica (por debajo del 30% de humedad), donde aumenta el riesgo de contracciones y defectos, lo que requiere un control cuidadoso de la temperatura, el gradiente y la humedad relativa durante varios días.

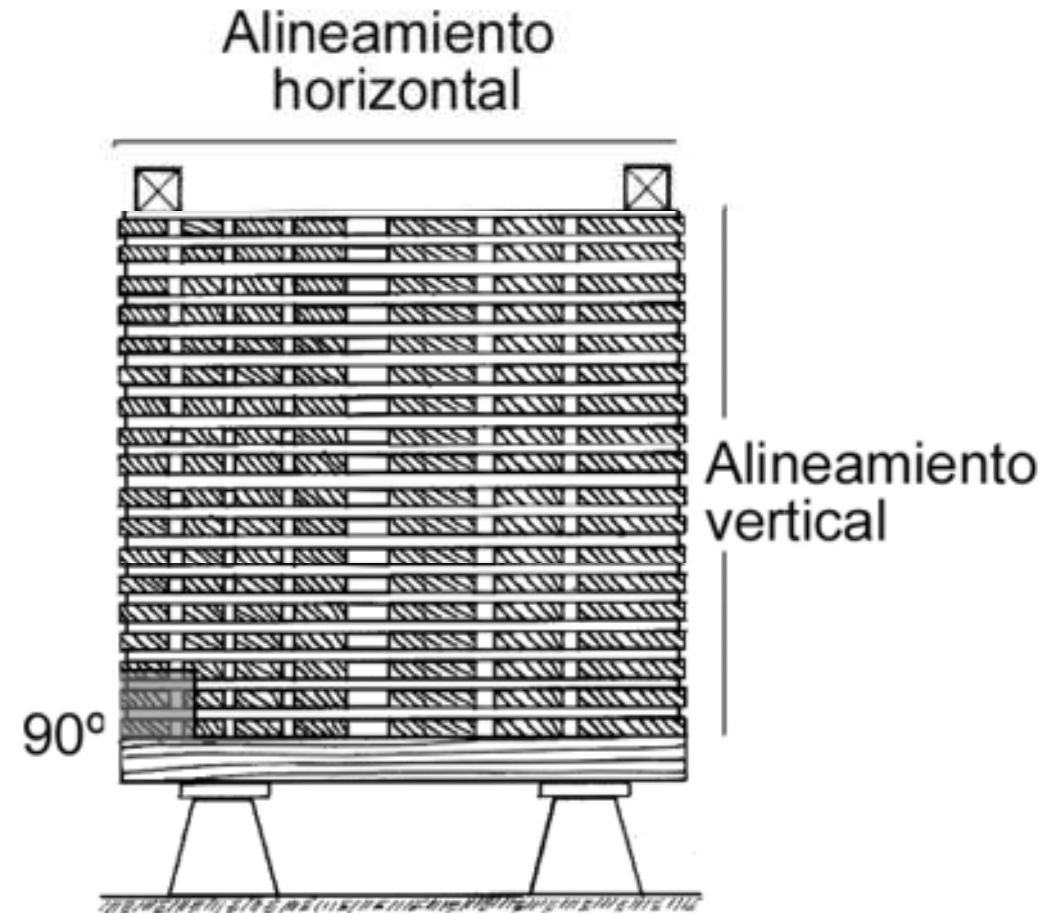
5. Punto de Saturación de las Fibras (PSF), indicando que los cambios dimensionales en la madera ocurren por debajo de este punto (alrededor del 30% de humedad).

6. Acondicionamiento Final: Para lograr una humedad uniforme y reducir las tensiones en la madera, se realiza una fase final de acondicionamiento con vapor o inyección de humedad, que dura varias horas.

7. Enfriamiento: Para evitar defectos causados por cambios bruscos de temperatura, se deja enfriar la madera dentro del horno con la puerta entreabierta durante al menos 12 horas, generalmente durante la noche. La madera aún puede crujir durante la descarga.

Se recomienda dejar reposar la madera durante 24 horas después de estos procesos antes de trabajarla en el taller. Para un secado artificial exitoso, es esencial un control cuidadoso a través del monitoreo.

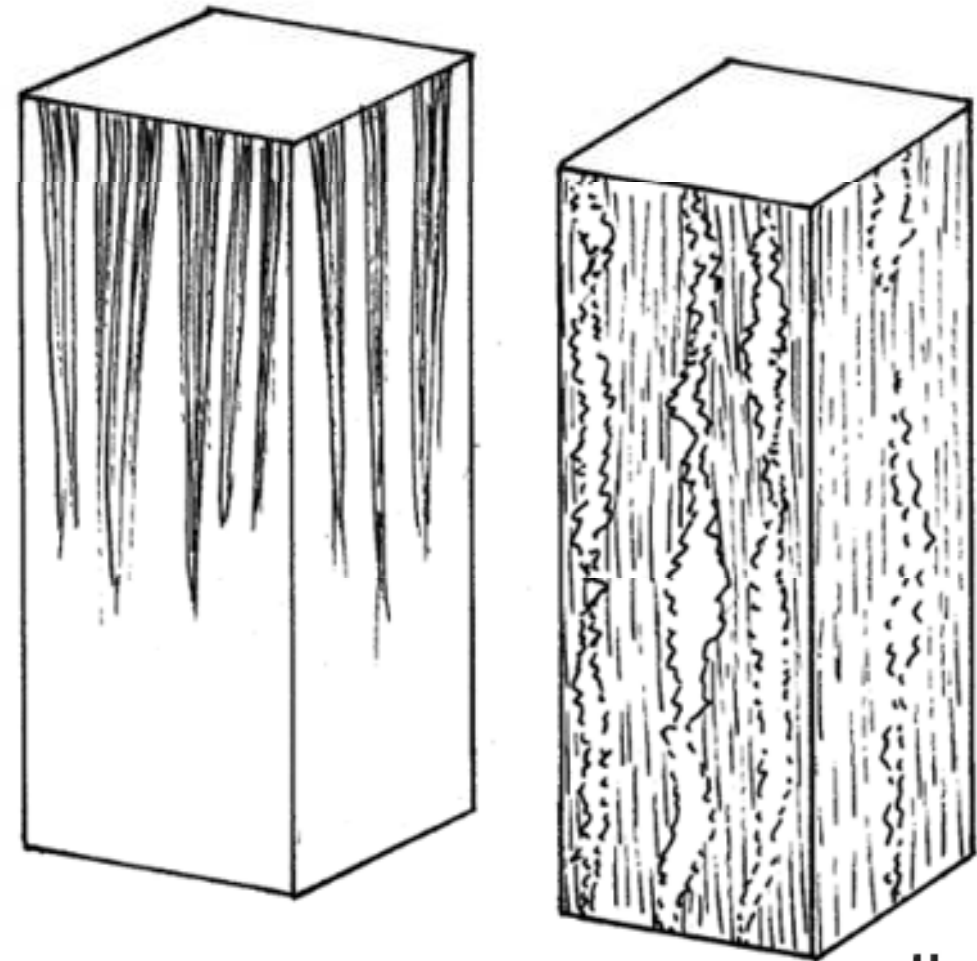
Dibujo N° 33 . Alineación horizontal y vertical de las rumas



DEFECTOS EN EL SECADO ARTIFICIAL

- Defectos de forma. Causados por un mal apilado: Carga mal alineada, separadores desiguales o mal distanciados. Ejemplo: Alabeos, arqueaduras, torceduras.
- Defectos de estructura. Causados por cambios drásticos en la humedad de la madera (falsa lectura de la humedad relativa ó del contenido de humedad de la madera, programa de secado muy fuerte, mal funcionamiento de los inyectores, etc.). Ejemplo: Colapso.
- Presencia de hongos. Causado, principalmente, por un mal funcionamiento de los ventiladores y/o sistema de evacuación o intercambio de aire en el horno y/o mal control de la humedad relativa de la cámara, lo que origina condiciones óptimas para el desarrollo de los hongos.
- Presencia de manchas. En maderas blancas. Causada por el contacto con separadores que no cuentan con las características adecuadas.

Dibujo N° 34 . Presencia de mancha azul en la madera



DEFECTOS PRODUCTO DE UN MAL SECADO DE MADERA

Grietas superficiales:

Internas o en la cabeza. Son causadas por el resecamiento de la capa superficial de las tablas debido a una gradiente de secado muy alto al comienzo del proceso de secado.

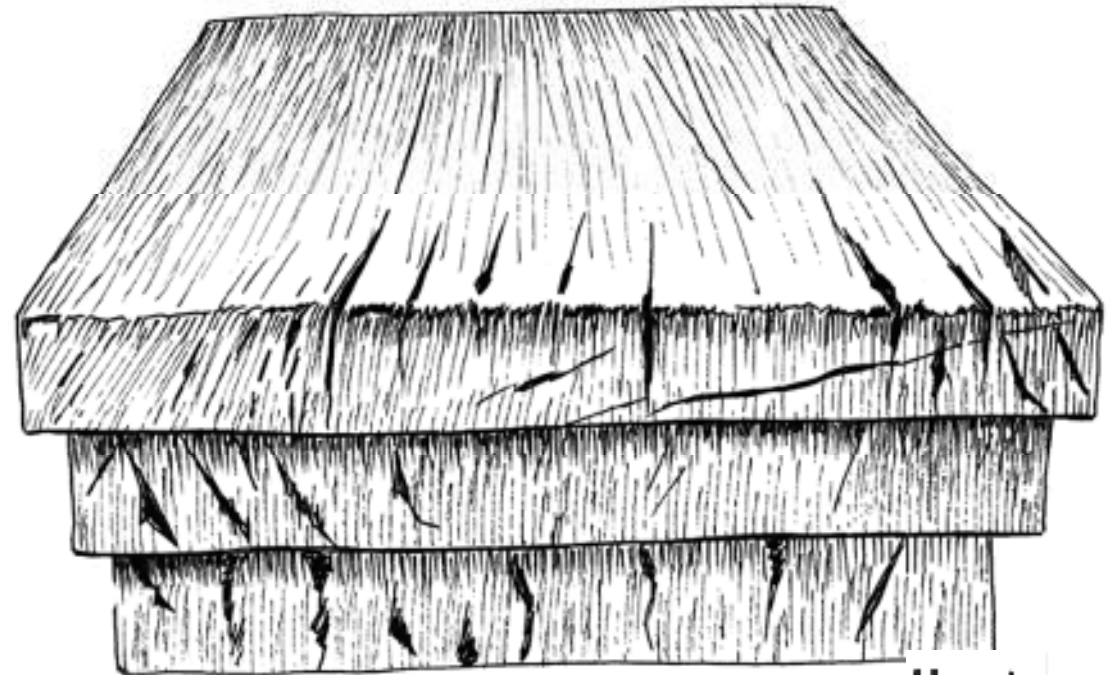
Dibujo N° 16 . Presencia de grietas en la madera



Colapso de la madera:

Causado por el secado abrupto de la capa superficial de la madera, debido a una gradiente de secado muy alto durante el proceso, ocasionando que la madera colapse.

Dibujo N° 17 . Colapso de la madera



Cambios en la coloración:

Azulado o presencia de manchas. Causado por una inadecuada circulación de aire entre las tablas y exceso de humedad en la cámara o del ambiente, generando condiciones propicias para la propagación de hongos cromógenos (sólo afectan el color de la madera). Estas manchas no afectan la estructura de la madera.

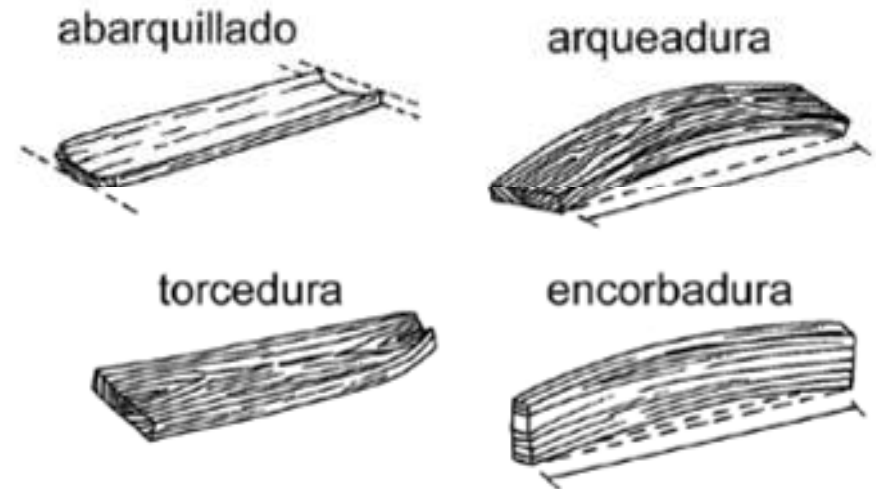
Foto N° 2 . Cambios en la coloración



Alabeos, abarquillado, arqueadura, encorvadura, torceduras:

Algunos de estos defectos se presentan por un mal emparrillado (distribución inadecuada de las cargas o peso sobre las tablas).

Dibujo N° 18 . Defectos por mal emparrillado en el secado de la madera



TAREA:

CONSULTAR E INVESTIGAR ACERCA DE LA PRESERVACIÓN DE LA MADERA Y SUS TÉCNICAS.

Presentación:

En formato A4 como parte del portafolio de la sección de maderas, el trabajo debe ser realizado a mano y en su mayoría debe representarse gráficamente.

Fecha de entrega:

Jueves 17 de abril del 2025