

Biblioteca Atrium de la **CARPINTERIA**

Los materiales



COLECCION TECNICA DE BIBLIOTECAS PROFESIONALES

OCEANO/CENTRUM

Biblioteca Atrium de la
CARPINTERIA

Prof
Luis
Luis

Biblioteca Atrium de la
CARPINTERIA

1

COLECCION TECNICA DE BIBLIOTECAS PROFESIONALES

OCEANO/CENTRUM

Es una obra de
OCEANO
GRUPO EDITORIAL

Presidente

José Lluís Monreal

Consejeros Delegados

José M^º Martí Costa

Jorge Lluís Rovira

Director General de Publicaciones

Carlos Gispert Gener

EQUIPO EDITORIAL

Dirección de la Obra:

Andrés Merino

Dirección de Redacción:

Vicente Gibert Armengol

*Arquitecto Técnico, Profesor Titular de la
Escuela Universitaria Politécnica*

Redacción y Documentación Gráfica:

F. A. Martín

*Arquitecto, Profesor Agregado de la Universidad Politécnica
Profesor Titular de la Escuela Técnica Superior
de Arquitectura*

Colaborador:

Rodrigo Lazcano Hormaechea

Arquitecto

Diseño y Maqueta:

Juan Oro

Dibujos:

Ignacio Arañó

Realización:

Elisenda Bachs

Producción:

Antonio Corpas, Antonio Surís, Alex Llimona

© MCMXCIII EDICIONES OCEANO, S.A.

Milanesat, 21-23

EDIFICIO OCEANO

08017 Barcelona - ESPAÑA

Tel. (93) 280 20 20*

Fax (93) 204 10 73

Reservados todos los derechos. Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del copyright, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos.

ISBN 84-7764-859-X (Obra completa)

ISBN 84-7764-860-3 (Volumen I)

Impreso en España - Printed in Spain

Depósito Legal: NA-386-94 (Mz)

Imprime: Gráficas Estella, S.A.

Estella (Navarra)

Sumario

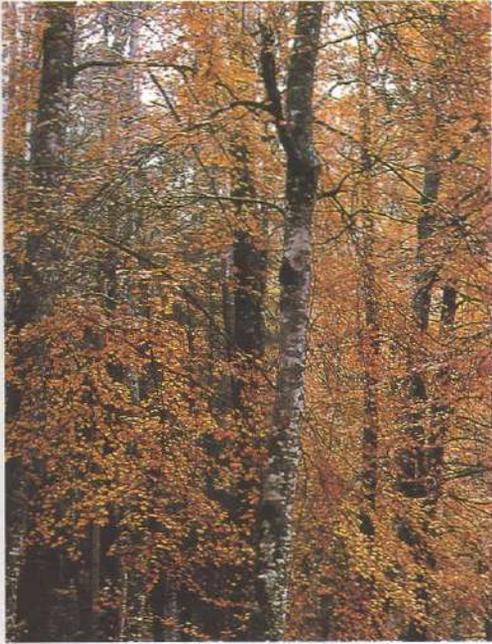
	Pág.		Pág.
1. ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA	9	3. ESTUDIOS COMPARATIVOS DE DIFERENTES TIPOS DE MADERA	
- Crecimiento	9	- Zona 1: Europa	49
- Anatomía del crecimiento	10	- Abeto	49
- Estructura de la madera	11	- Álamo blanco	50
- Rastros del crecimiento en la madera	12	- Castaño	50
- El crecimiento de los anillos	12	- Cerezo	50
- Importancia del cámbium	14	- Encina	51
- El crecimiento de las ramas	14	- Erable	51
- Tala	15	- Fresno	51
- Apeo de los árboles	16	- Haya	52
- Época del apeo	16	- Nogal	52
- Edad de apeo de los árboles	16	- Olivo	52
- Bosques y talas planificadas	17	- Oímo	53
- Método de talas parciales. Método de los árboles sembradores. Método de la tala selectiva	18	- Peral	53
- Técnicas de tala a gran escala	19	- Pino	53
- La cadena de tracción. Arrastre mediante el mástil. Arrastre con globos	19	- Pino del Norte	54
- Tala en alta montaña	20	- Plátano	54
- Troceado	21	- Roble	54
- Madera sin labrar	22	- Zona 2: Asia y Oceanía	54
- Madera labrada o escuadrada	22	- Amboina	54
- El proceso	22	- Boj	55
- Sistemas para convertir un tronco en tablas	26	- Ébano	55
- Postes y pilotes tratados	27	- Eucalipto	55
- Secado	28	- Laurel	56
- La madera y la humedad	28	- Palisandro de la India	56
- Proporción de humedad	29	- Rewa	56
- Contracción volumétrica	29	- Sen	56
- Equilibrio higroscópico de la madera	29	- Tamo	57
- Proceso de secado	30	- Teka	57
- Secado natural	31	- Zona 3: América del Norte	58
- Secado natural acelerado	33	- Abedul	58
- Secado artificial	34	- Arce	58
- Los secaderos. Proceso de secado al vapor de agua y aire caliente	34	- Melis	58
2. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA	39	- Pino de Oregón	58
- Generalidades	39	- Secoya	59
- Propiedades físicas	40	- Tapa	59
- Propiedades físico-mecánicas	42	- Tuya	59
- Propiedades físico-químicas	42	- Zona 4: América Central y del Sur	60
- Propiedades particulares	44	- Amaranto	60
- Propiedades acústicas	44	- Canela	60
- Propiedades térmicas	44	- Caoba	60
- Clases de madera	45	- Cedrela	61
- La madera de conífera o resinosa	45	- Courbaril	61
- Maderas frondosas	47	- Chicaranda	61
		- Palisandro de Río	62
		- Palo de Hierro	62
		- Pino de Brasil	62
		- Zona 5: África	63

Sumario

	Pág.		Pág.
- Abebay	63	- Otros agentes que deterioran la madera	79
- Bubinga	63	- Riesgos de deterioro en la madera puesta en obra	79
- Embero	63	- Efectos climáticos y heridas varias	80
- Nogal colonial	64	- Efectos del agua y de la humedad	80
- Okumé	64	- Efectos de la luz	81
- Sapelly	65	- Efectos del fuego	82
- Sipo	65	- Efectos de los cambios de temperatura	82
- Ukola	65	- Efectos de heridas en el árbol en pie	82
- Cuadro comparativo	66	- Defectos y tensiones admisibles	83
4. ENFERMEDADES Y DEFECTOS DE LA MADERA	67	- Efecto de desviación de la fibra	83
- Defectos en el desarrollo del árbol	67	- Efectos de fendas y acebolladuras	83
- Defectos por las fibras	67	- Solicitud por tracción	84
- Nudos	67	- Solicitud por compresión	84
- Tronco de fibra revirada	68	- Solicitud por esfuerzo cortante	84
- Tronco de fibra curva	68	- Efectos de los nudos	84
- Defectos por el crecimiento	68	- Solicitud por tracción simple	85
- a) Corazón excéntrico	68	- Solicitud por compresión simple	85
- b) Anillos irregulares de crecimiento	69	- Solicitud por flexión	85
- c) Estructura con doble albura	69	- Nudo axial. Nudo de arista. Nudo de canto. Nudo en la zona central de una cara. Nudos en general	85
- d) Estructura con corazón hueco	69	5. LA TRANSFORMACIÓN DE LA MADERA	87
- e) Estructura con lunulados	69	- Escuadrias comerciales	87
- f) Estructura con hendiduras o fendas periféricas	70	- Denominación según escuadría	87
- g) Estructura con "pata de gallo"	70	- Subdivisión de un tablón	88
- h) Estructura con acebolladuras o rodajas	70	- Normas comerciales de elaboración y medición de la madera	88
- Defectos de la madera manipulada	70	- Denominación comercial de la madera	88
- Deformaciones durante el secado	71	- Madera en rollo para aserrío	88
- Curvamiento y alabeo	71	- Madera en rollo para chapa	89
- Deformación por corte de la pieza al cuarto	71	- Tablas y tablonés	89
- Deformación por contracción longitudinal	72	- Viguetas y largueros	89
- Hendidura de un tablón	72	- Cabrios y varas	89
- Hendidura en sentido radial	73	- Escuadrias menores	89
- Deformaciones por un secado desigual	73	- Piezas de medida fija	89
- Cuidados en la utilización de la madera manipulada	73	- Postes	89
- Efectos de parásitos y hongos	74	- Normas básicas para la comercialización de la madera	89
- Efectos y acción de los hongos	74	- Cubicación de la madera	90
- Hongos de pudrición o xilófagos	74	- Medición	90
- Clases de pudrición	75	- Por el peso	90
- Hongos cromógenos	76	- Por metros cúbicos	90
- Efectos y acción de los insectos xilófagos	76	- Por metros cuadrados	91
- Carcoma grande	77	- Por metros lineales	91
- Polilla	77	- Por unidades	91
- Carcoma	78	- Unidades de medida	91
- Termita	78	- Cálculo del volumen	91
- Abeja carpintera	78		

	Pág.
- Volumen de una pieza cuadrada	91
- Volumen de maderas escuadradas no regulares	91
- Volumen de un tronco achaflanado	92
- Cubicación al cuarto sin deducción. Cubicación al quinto deducido	92
- Cubicación de un árbol en pie	93
- Fabricación de chapa	93
- Características y clasificación de la chapa	93
- Sistemas de fabricación	94
- Chapas por sierra	94
- Chapas por cepillo	94
- Chapas desenrolladas	94
- Procedimiento para el chapeado	95
- Preparación de las chapas	96
- El tablero contrachapado	96
- Naturaleza del contrachapado	96
- Fabricación del contrachapado	96
- Encolado en húmedo	96
- Encolado en frío	97
- Encolado en caliente	97
- Encolado en seco	97
- Pruebas con los contrachapados	97
- Clasificación de los contrachapados	98
- Categoría A	98
- Categoría B	98
- Categoría C	98
- El tablero aglomerado	98
- Cualidades del tablero aglomerado	98
- Tipología del tablero aglomerado	99
- Sistema de prensado plano	99
- Prensado plano homogéneo. Prensado plano de tres capas. Prensado plano de capas múltiples	99
- Sistema de prensado por canto o extrusión	99
- Características físico-mecánicas de los tableros aglomerados	100
- Contenido de humedad del tablero	100
- Resistencia a la flexión	100
- Resistencia a la tracción perpendicular de las caras	100
- Hinchazón en espesor	101
- Características térmicas	101
- Características acústicas	101
- Tableros aglomerados diversos	101
- El tablero de fibras	102
- Tablero de fibras hidrófugo	102
- Fabricación del tablero de fibras (M.D.F.)	103
- Tablero de fibras sin cola	104

	Pág.
6. MATERIALES AJENOS A LA MADERA EMPLEADOS EN CARPINTERÍA DE TALLER Y DE ARMAR	105
- Materiales plásticos	105
- Bandas de laminados y melamina	106
- Características de un panel formado en melamina	107
- Laminados plásticos	107
- Características más importantes del laminado de plástico	108
- Proceso del laminado plástico	108
- Modo de trabajar los estratificados y laminados plásticos	108
- Aserrado material	109
- Laminado de poliéster (Tacón)	109
- Aplicaciones del laminado de poliéster	110
- Mobiliario	110
- Decoración	110
- Variaciones del laminado de poliéster (L.P.)	110
- El postformado Tacón	111
- Ventaja del laminado de poliéster sobre el plástico	111
- Materiales metálicos	111
- Comportamiento de las uniones	112
- Medios de unión	112
- Clavos	112
- Pernos	113
- a) Acoplamiento plano. b) Acoplamiento de llaves. c) Acoplamiento de redientes. d) Acoplamiento de cremallera. e) Acoplamiento de tres piezas por redientes. f) Viga compuesta de pequeñas piezas. Acoplamiento de madera y hierro ..	113
- Enlaces metálicos en chapa plegada	115
- Conectores metálicos en placas	115
- Conectores metálicos en madera laminada ..	116
- Tornillos para la madera	117
- Medios de unión de la carpintería con tablero aglomerado	118
- Colocación de herrajes en el tablero aglomerado	119



1

Estudio de la materia prima

Cuando se propone estudiar la madera como materia prima no se puede dejar de considerar, a su vez, el árbol como "materia prima de la naturaleza", ya que los árboles, tanto en los paisajes urbanos como naturales, constituyen elementos beneficiosos para la vista y el espíritu. Tanto aislados como plantados en grupo, en las calles, aceras y plazas o en espacios verdes desarrollan sus numerosos efectos beneficiosos sin los cuales la vida de muchos seres vivos, incluido el hombre, resultaría mucho más difícil. Los árboles son proveedores de oxígeno, madera, frutos y hongos entre otros sub-productos.

CRECIMIENTO

Antes de describir la madera como materia prima, es importante hacer ciertas aclaraciones y distinciones con respecto

Figura 1



a las particularidades del crecimiento del árbol como organismo productor, ya que no existen sobre la Tierra otros seres vivos tan grandes ni tan impresionantes como las numerosas especies de árboles que se yerguen sobre gran parte de la tierra firme. Como las plantas herbáceas y los arbustos, también los árboles más altos comienzan su vida como diminutos brotes germinados de la semilla, dotados de una esperanza de vida. Sin embargo, si las condiciones del medio son favorables, con su crecimiento sobrepasan de forma evidente a todas las restantes plantas verdes y arbustos.

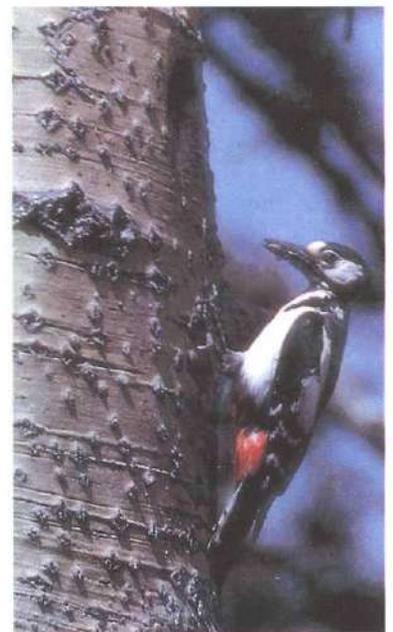
Esto se debe, sobre todo, a tres particularidades biológicas que sólo se encuentran en los árboles:

- a) el crecimiento en altura (*figura 1*);
- b) la formación de una corteza protectora fuerte y resistente (*figura 2*);
- c) una esperanza de vida que supera a la de la mayoría de los seres vivos.

Estas tres características han determinado que los árboles se hayan distribuido sobre los más diversos lugares y, por lo tanto, diversificado en sus adaptaciones evolutivas, dando lugar a una gran variedad de familias y especies. Es así como hay árboles que no sobrepasan los 2 m, mientras que otros se alzan sobre los 100 metros.

Como consecuencia de una larga esperanza de vida, los árboles pueden llegar a vivir muchos años, siendo los más longevos aquellos que se encuentran emplazados en zonas de alta montaña donde el frío, la nieve y el hielo hacen que el proceso de crecimiento sea muy lento,

Figura 2



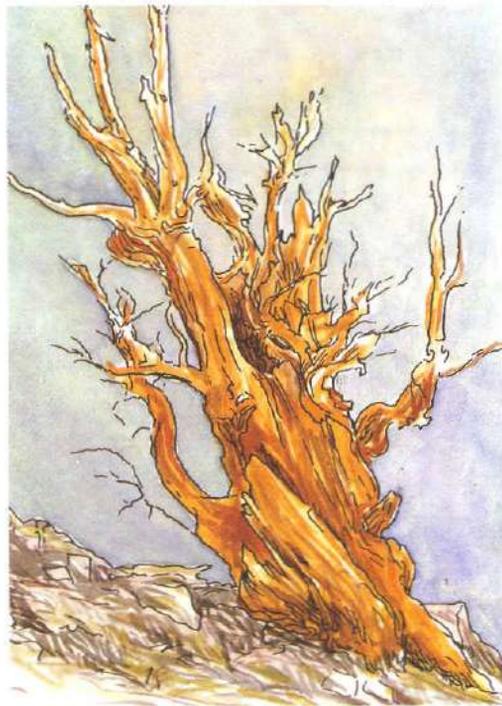


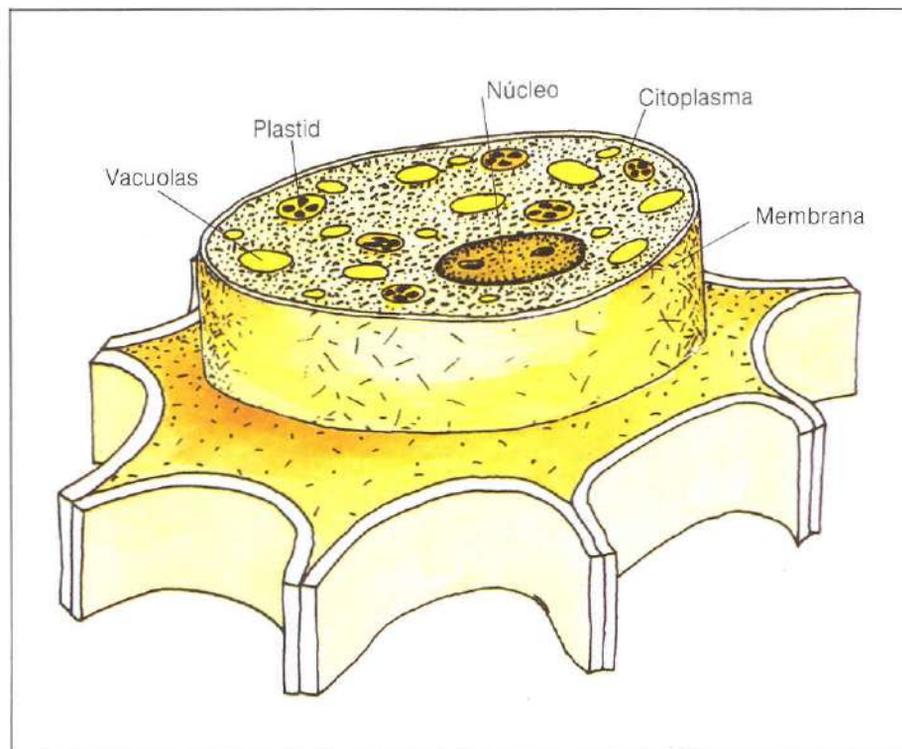
Figura 3

existiendo árboles de más de 3.000 años ubicados sobre los 2.000 m de altura sobre el nivel del mar, o como el caso de un tipo de pino de California que crece a 3.500 m de altura (figura 3).

Anatomía del crecimiento

Para entender el proceso mediante el cual se desarrolla una materia orgánica llamada "madera" es fundamental aden-

Figura 4



trarse, aunque sea de forma global, en la anatomía interior que la define como tal.

La madera es la sustancia fibrosa y celulosa de que se componen el tronco y las ramas de un árbol, que, como toda planta, se constituye de células, fibras y vasos, siendo su elemento fundamental la célula (figura 4). La unión de las células forma el tejido. El conjunto de los tejidos determina la masa leñosa. Por ejemplo, en árboles resinosos, los tejidos suelen tener de 2 a 7 mm de largo, y unos 2 mm de grueso.

Las fibras leñosas están formadas por la sobreposición de vasos celulares alargados, que se comunican entre sí y se transforman. La unión de las fibras con los vasos celulares forma los haces leñosos y el tejido (figura 5). Cuando envejece la célula, se lignifica y se impregna de lignina, materia que se endurece considerablemente, formando así la madera perfecta, lo que confiere al árbol su necesaria rigidez. Según la variedad de árbol, las fibras pueden ser más o menos cortas, determinando lo que se llama veta de la madera (figura 6).

Los principales tejidos de un árbol se clasifican en:

- a) tejido tegumental o de defensa;
- b) tejido mecánico o de resistencia (para el crecimiento y el desarrollo);
- c) tejido vascular conductor. Este último es muy importante, ya que es el encargado de conducir una sustancia acuosa, llamada savia, rica en elementos nutritivos, que las raíces del árbol absorben del terreno, llamándose en esta etapa del proceso savia bruta o ascendente, la cual sube hacia las hojas por los vasos leñosos, distintos según la especie (figura 7), donde se transforma por fotosíntesis en savia muerta, elaborada o descendente, la cual desciende por los vasos liberianos y se reparte por todo el árbol, formando nuevos tejidos de crecimiento y materiales de reserva.

La savia se compone también de oxígeno, que, con la ayuda del sol, da la vida al árbol, rigiendo el desarrollo y la formación de ramas, hojas y frutos.

Las hojas forman un órgano importante del árbol, encargado de tomar el aire y el carbono, sin el cual el vegetal no podría vivir; son los pulmones de la planta, las raíces son su estómago y la savia su sangre (figura 8).

No se puede dejar de mencionar dentro de todo este sistema vital la importancia de la clorofila, sustancia verde que da a las hojas su color característico y que permite combinar el dióxido de carbono del aire, la luz solar y el agua absorbida del suelo para formar azúcares, vitales para el crecimiento de un árbol.

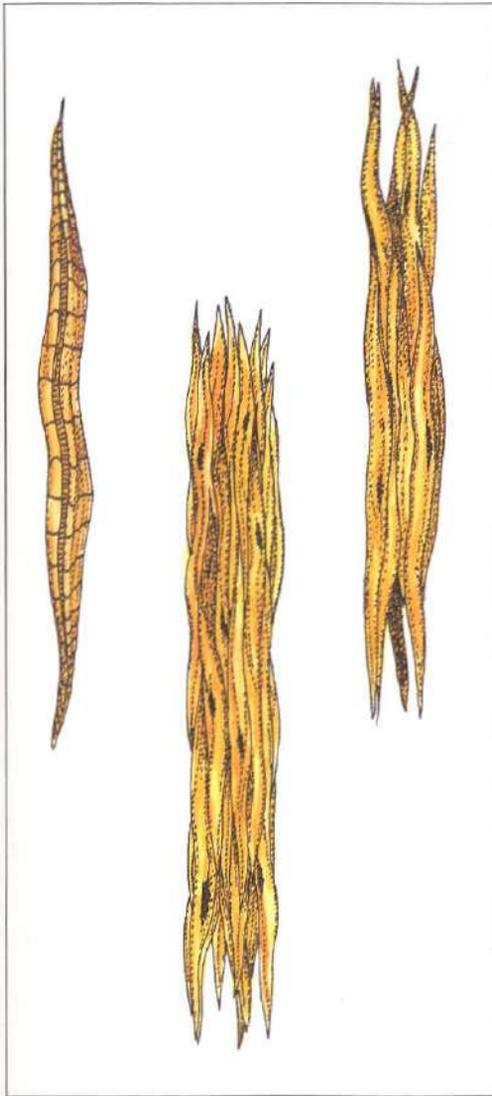


Figura 5

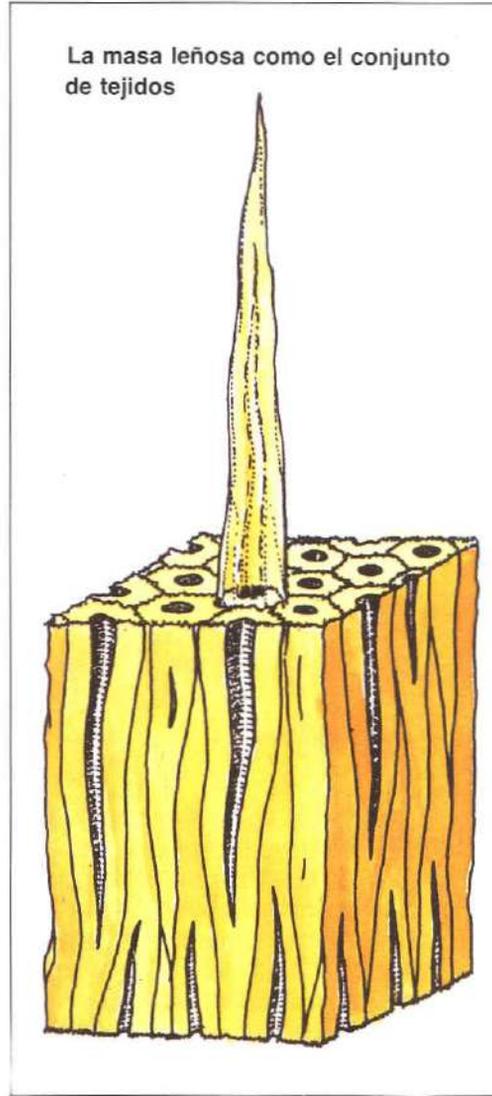


Figura 6

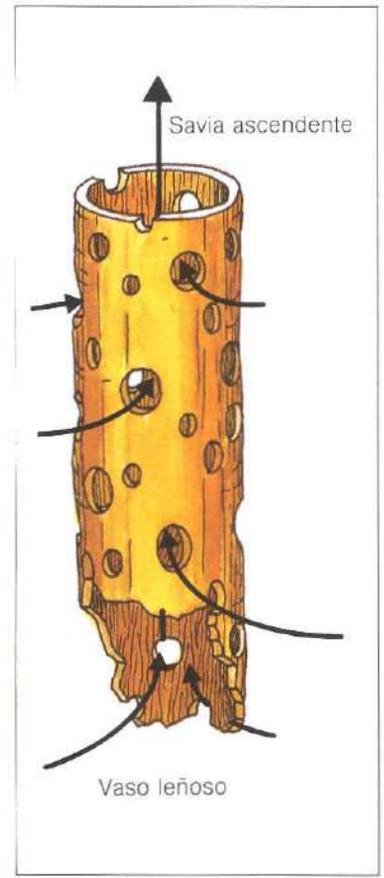


Figura 7

Figura 8

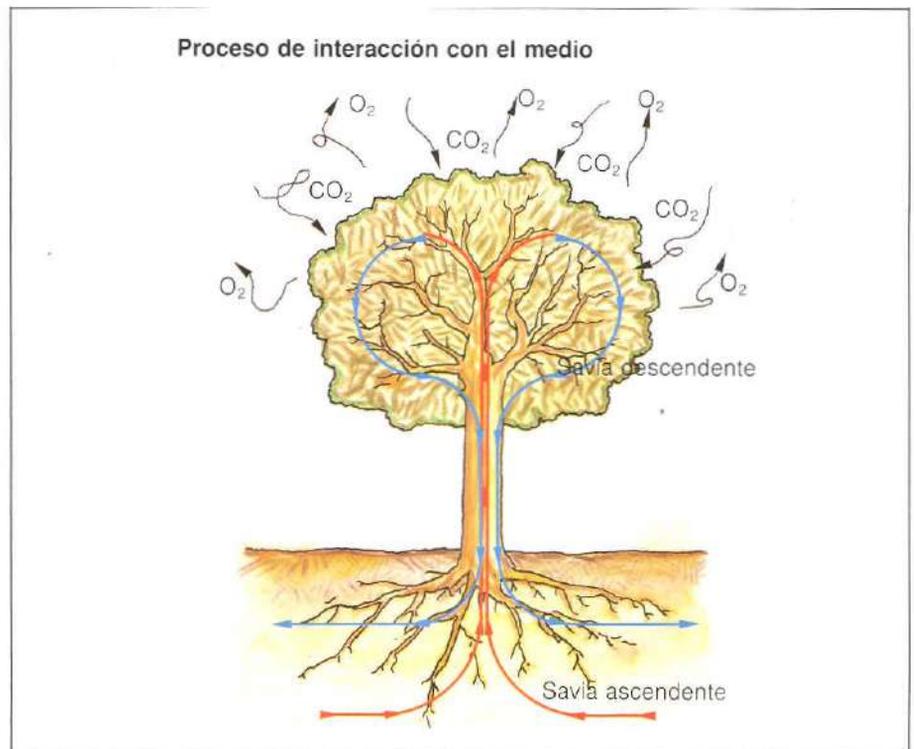
Estructura de la madera

Para poder ver y entender a simple vista el crecimiento de un árbol es necesario examinar la sección transversal de un tronco y así reconocer la estructura concéntrica, que se ordena en las siguientes capas:

a) La corteza, como tejido impermeable que recubre el liber, y sirve de protección del árbol; su espesor varía según la especie a la cual corresponda (el pino, por ejemplo, tiene varios centímetros y en cambio el eucalipto apenas unos pocos milímetros).

b) El liber es una película o tejido muy delgado que envuelve la albura y sirve para la conducción de la savia descendente.

c) El cámbium es una capa de células especializadas que producen la madera nueva y que rodea las partes vivas del árbol. Durante los períodos de crecimiento activo las células cambiales se dividen



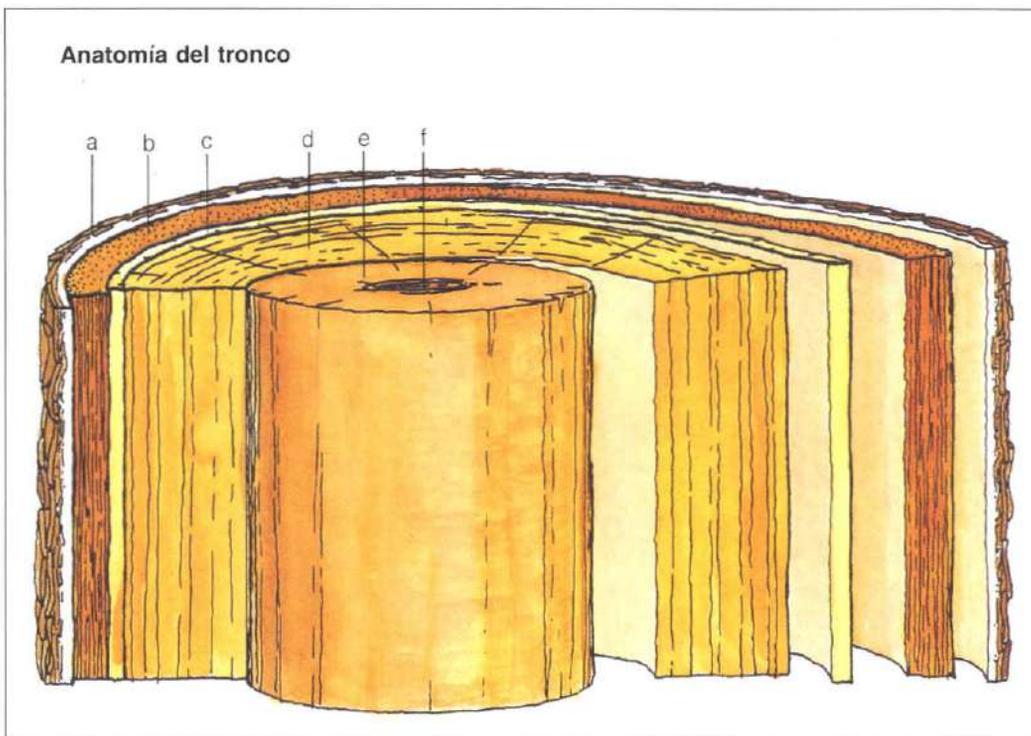


Figura 9

dando lugar a nuevas células leñosas por la cara interna, y a células floemáticas (componentes del liber) por la cara externa; de esta forma la madera nueva se superpone al núcleo antiguo del leño preexistente.

d) La albura o madera joven, rodeada de mazos de madera perfecta. Cuando está en período de elaboración es menos dura y coloreada que el duramen; en esta capa se producen la conducción de la savia ascendente y el almacenamiento de sustancias nutritivas.

e) El duramen, o madera propiamente dicha, es una zona constituida por tejidos que han llegado a su máximo desarrollo y resistencia, siendo un receptáculo para las sustancias de desecho del árbol y, por ello, de materia tóxica para la mayoría de organismos que podrían nutrirse de él. La única función del duramen es dar rigidez y robustez a la estructura del árbol.

f) La médula o corazón es el núcleo del árbol, que, al igual que el duramen, es también una parte muerta que puede tener una sección circular, poligonal o estrellada, pero de poca importancia para los procesos de elaboración de la madera, ya que generalmente es de pequeña dimensión y se desecha, debido a que sus características físicas y mecánicas son muy deficientes (figura 9).

Funciones de cada capa en el árbol:

- a) protección → la corteza;
- b) conducción de la savia descendente → el liber;
- c) producción de madera (células leñosas) → el cambium;

d) conducción de la savia ascendente / almacenamiento de nutrientes → la albura;

e) receptáculo de materias tóxicas / estructuración mecánica del árbol → el duramen;

f) sin función / sin uso comercial → el corazón.

Rastros del crecimiento en la madera

La madera, como todo organismo vivo, refleja en su propia evolución las condiciones de su entorno, y esto lo hace principalmente a través de su estructura radial de anillos y del desarrollo de las ramas con su consecuente diseño de numerosos nudos.

EL CRECIMIENTO DE LOS ANILLOS

Para "leer" en la madera las diferentes etapas del crecimiento es preciso distinguir en un corte transversal de su tronco (de preferencia una sección cercana a las raíces) los anillos de crecimiento anual determinados por:

a) La madera de primavera, formada por el tejido vascular. Predominan en ella los vasos que conducen la savia bruta o ascendente hasta las hojas, y se distingue por su coloración clara. La madera de primavera es blanda, menos compacta y de vasos gruesos.

Diferentes desarrollos de crecimiento en una misma especie



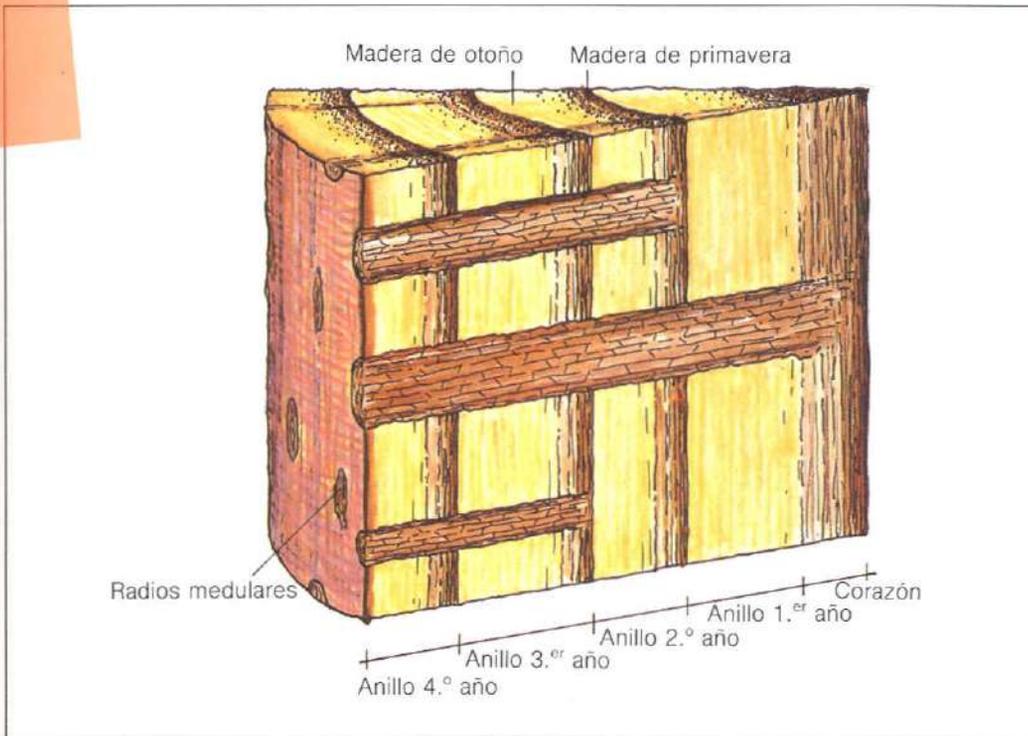


Figura 10

b) La madera de otoño, segundo anillo constituido principalmente de fibras, es más rígido y forma el tejido de sostén, tiene los vasos más pequeños y apretados que la madera de primavera y la coloración más acentuada (figura 10).

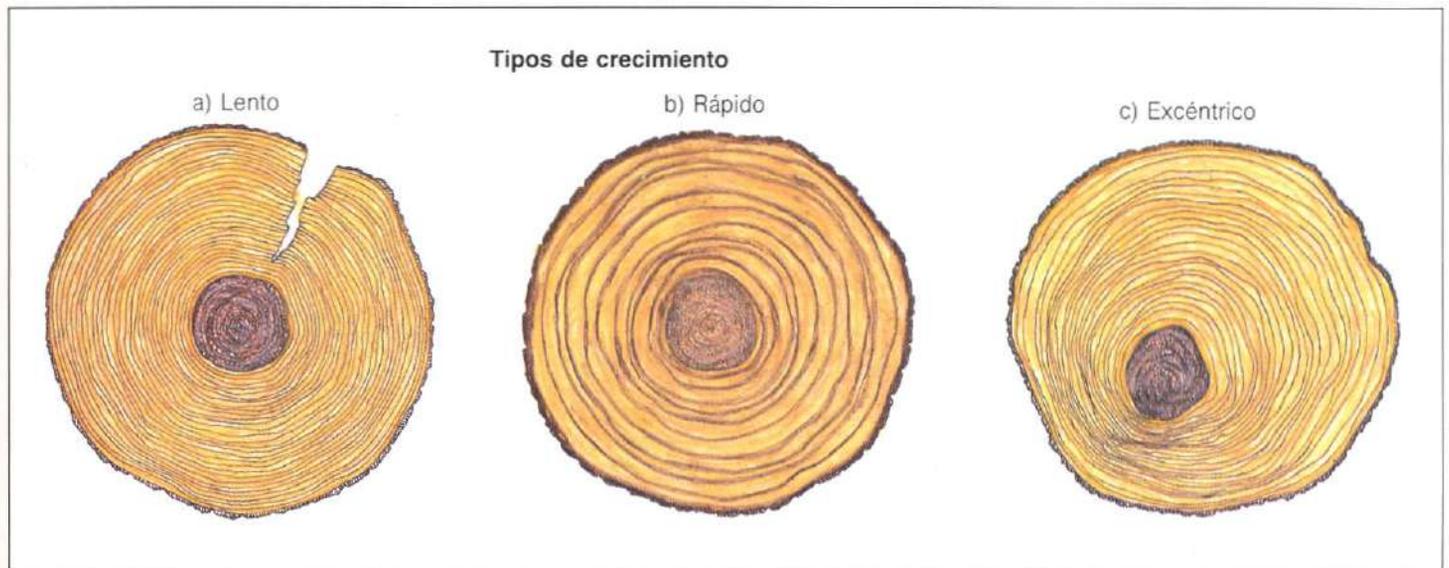
El contraste entre las células formadas al principio de la primavera y el tejido sumamente compacto que precedió al letargo invernal hace visible el anillo determinado en el corte de un tronco.

El ambiente en que crece un árbol es un factor particularmente importante, y estas condiciones quedan a lo largo de la vida de un árbol grabadas en la estructura de la madera, siendo descifrables a través del orden, frecuencia, tonalidad y dimensión de los anillos de crecimiento.

Los árboles que crecen en un suelo fértil formarán anillos más anchos que los que lo hacen en un suelo poco fértil; los árboles que crecen en los parques, donde tienen espacio más que suficiente para desarrollar su copa y sus raíces, poseen anillos más anchos que los que crecen en el bosque.

Cuando se hace una sección transversal de un tronco se observa, generalmente, que la amplitud de un anillo no es igual en las distintas zonas de su perímetro; en un árbol que se ha expuesto a un fuerte viento predominante, la sección transversal del tronco suele ser ovalada, con anillos de crecimiento más anchos precisamente en un lado de la médula que en el otro (figura 11).

Figura 11



Los cambios estacionales afectan al crecimiento y se reflejan en la amplitud de los anillos. Cuando se dan condiciones anómalas, como por ejemplo una sequía prolongada, puede producirse el cese del crecimiento, con lo que se forman falsos anillos; el ataque de los insectos y los estragos producidos por el fuego o por las heladas son visibles en forma de heridas.

En las regiones templadas, el crecimiento es más rápido en primavera, estación en la que se forman células con grandes cavidades. A medida que continúa el crecimiento, a principios de verano se forman células con cavidades más pequeñas. Al cabo de unas semanas el crecimiento cesa por completo hasta la siguiente primavera.

Si cortamos transversalmente un tronco cualquiera nos podemos encontrar, al analizarlo diametralmente, con lo siguiente (figura 12):

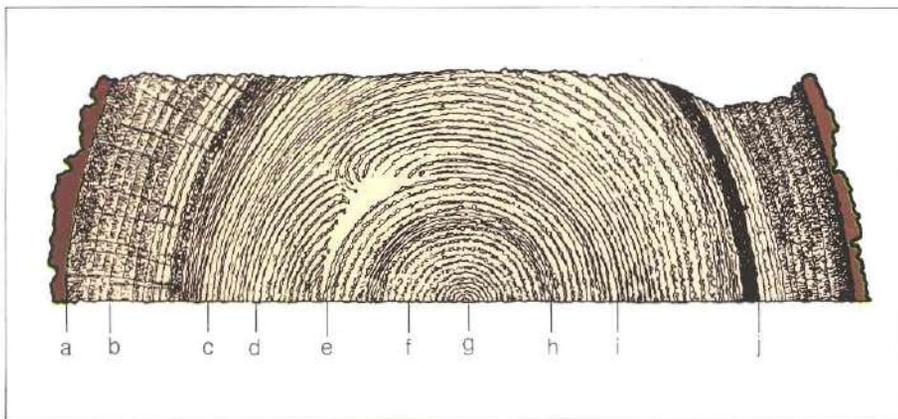


Figura 12

a) Una corteza protectora del árbol y luego el floema conductor de la savia elaborada, ambas zonas ubicadas en la parte externa del cámbium.

b) La albura, como un tejido poroso que contiene las sustancias nutritivas y además permite que circule la savia; en este caso los anillos anchos reflejan un crecimiento riguroso durante los últimos años.

c) Aquí se puede ver un crecimiento escaso, durante cinco años. Los anillos aparecen disminuidos, quizá debido a algún ataque de insectos.

d) La madera ha ido evolucionando la herida, dejando una marca muy visible en los anillos posteriores al incidente.

e) Seguramente un fuego que alcanzó al tronco en uno de sus cuadrantes ha dejado una marca que ha tardado diez años en ser completamente cubierta.

f) En los anillos siguientes se aprecia el árbol joven que crece en un medio favorable y de manera sostenida.

g) La médula es muy difícil de distinguir, ya que con el tiempo se van borrando sus límites, apareciendo casi siempre

como una pequeña área circular de unos pocos milímetros de espesor.

h) También aparece en estos anillos más estrechos la evidencia de una falta de agua durante varios años.

i) A continuación se muestra una zona de crecimiento normal y regular: en toda aquella zona de los anillos que no han sido alcanzados por el fuego.

j) Aquí aparecen las huellas de un período de enfermedad en el árbol, ya que el crecimiento ha quedado prácticamente inhibido, ya sea por ataque de insectos y hongos o por una competencia muy fuerte de sus árboles vecinos por la obtención de agua.

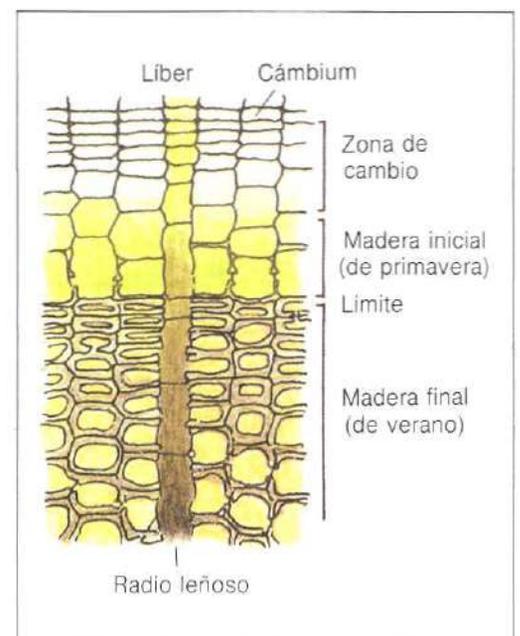
IMPORTANCIA DEL CÁMBIUM

Es importante subrayar que nada de lo anteriormente descrito podría articularse en términos orgánicos si no existiera una banda de células que forman una película delgadísima que separa la corteza de la madera y que es la responsable del funcionamiento de un árbol. Si se rasca la corteza de cualquier tronco de un árbol en pie y vivo, encontraremos una fina capa verde bajo la cual se halla el cámbium, que es, en definitiva, una verdadera "fábrica de madera" (figura 13).

EL CRECIMIENTO DE LAS RAMAS

Los acontecimientos que han tenido lugar a lo largo de la vida de un árbol, además de en los anillos, quedan grabados

Figura 13



en otro tipo de huellas de crecimiento. El desarrollo de las ramas queda registrado en el diseño de los nudos de la madera e incluso, algunas veces, es visible en la madera de los troncos jóvenes, en la impresión de los brotes foliares. Esto ocurre en algunas de las coníferas cuyas hojas permanecen sobre el árbol durante varios años. Los tejidos de la base de cada hoja quedan incluidos por el crecimiento de la rama y cuando se corta la madera aparece claramente visible en el dibujo regular de las inserciones foliares.

Mientras una rama va produciendo hojas, sus tejidos tienen continuidad con los del tronco; cuando una rama muere, aunque continúe pegada al tronco principal, ya no existe la conexión de los tejidos. Si se sierra una rama cuyos tejidos tengan continuidad con los del tronco, se forma un muñón llamado nudo vivo, que se mantiene pegado al árbol, y que al secarse se retuerce y termina desprendiéndose, dejando un nudo que disminuye el valor de la madera.

Cuando se poda una rama, el tronco crece por encima del corte reparando el daño y, una vez que la herida ha sido totalmente recubierta, la madera que se forma posteriormente tiene un color más claro. La tapadera u oclusión de los muñones de las ramas grandes puede ser visible sobre el tronco en forma de abultamiento (figura 14).

En las zonas cercanas a las ramas anchas, o en aquellos árboles cuyo tronco es acanalado, la corteza puede llegar a quedar incluida dentro de la madera que va creciendo; también se han encontrado piñas incluidas en la madera de algunos pinos. Otro tipo de inclusión se produce cuando las grietas o las cavidades de la madera son rellenadas, generalmente, por gomas o resinas, aunque algunas veces lo son por acumulaciones minerales procedentes de la savia que forman depósitos muy duros en el interior de la madera (figura 15).



Figura 14



Figura 15

Figura 16



TALA

La buena calidad de la madera dependerá de dos factores: la constitución del árbol en pie y la época de la tala o apeo. En la figura 16 se muestra un bosque de pino en edad de tala.

La madera debe ser abatida cuando ha adquirido pleno desarrollo, pues el árbol demasiado joven da una madera blanda, expuesta a la polilla, a grietas y alabeos. Si es demasiado viejo, el interior, que es la parte que tiene más años, estará ya deteriorado o podrido, no verificándose en

él con normalidad las fusiones de circulación, crecimiento y aumento de volumen. Por ello los "árboles muertos" en pie, por haber perdido consistencia y elasticidad, no son considerados dentro del sistema productivo de madera como materia prima (figura 17).

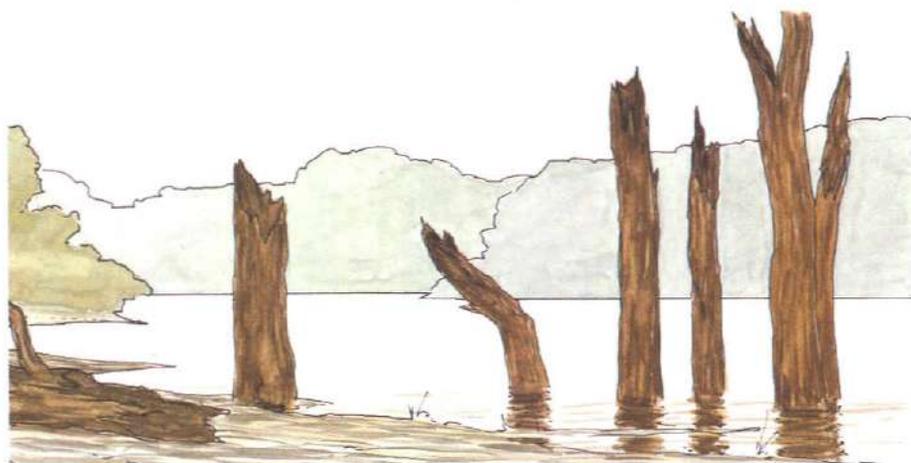


Figura 17

Apeo de los árboles

La tala de los árboles es trabajo de obreros especializados y puede hacerse a máquina, mediante sierras especiales movidas por grupos electrógenos, gasolina o electricidad, al igual que mediante vehículos especializados que realizan la tala mecánica, como también de la manera más antigua y tradicional, que es a mano por medio de un hacha; en este último caso se procede haciendo una entalladura en el raigal o tocón por el lado hacia el que se desea que caiga el árbol, abarcando más de la tercera parte de su superficie; después se hace otra entalladura en un plano un poco superior en el lado opuesto, hasta unos centímetros de la otra y, por último, al ceder por su propio peso o mediante cuñas o cuerdas sujetas a las ramas, se le obliga a caer.

Figura 18



Una vez derribado el árbol, por cualquiera de los métodos anteriormente nombrados, se le quitan las ramas, ya sea con hacha o sierra eléctrica (figura 18), y posteriormente se le quitarán la corteza y el rabeón o extremo de la cogolla. Cuando se ha secado un poco, se saca de la zona de talado por medio de tracción animal, tracción mecánica o por flotación aprovechando la corriente de los ríos, formando balsas o almadías. También existen infraestructuras mayores, donde hay una serie de máquinas taladoras, recolectoras, troceadoras y procesadoras que eliminan mecánicamente las ramas, arrancan la corteza, cortan los troncos a la medida deseada y los clasifican automáticamente para ser apilados y transportados.

Es importante hacer la siguiente distinción en esta parte del proceso:

a) las maderas blandas resultan beneficiadas si se las descortezan antes de ser aserradas, favoreciendo de este modo la evaporación del agua que contienen;

b) las maderas duras, en las que es probable que se encuentren fendas, y que han de destinarse a obtener chapas, es mejor no descortezarlas, para impedir que una desecación demasiado rápida produzca grietas perjudiciales.

Época del apeo

La mejor época del año para efectuar la tala es hacia finales de invierno, antes de que se inicie en la primavera el nuevo período de vegetación. En esta época, la actividad de la savia es nula, la corteza se separa fácilmente de la albura, hay menos posibilidades de que se alteren los tejidos por la escasez de savia en las células, y la probabilidad de que el leño sea atacado por insectos es muy baja.

Los árboles nunca se abatirán en verano, pues en esta época tienen su albura impregnada de savia, la cual tiene sustancias fermentables, azúcares, almidón y albuminoides, que son un excelente medio a través del cual aquélla puede ser atacada por organismos destructores.

Después del apeo es muy conveniente transportar los árboles tan rápido como sea posible a los almacenes, en los que se dejarán reposar durante los meses de invierno para poder trabajarlos en los de primavera y verano.

Edad de apeo de los árboles

La edad de apeo de los árboles varía según la especie y el clima en que se en-

cuentren. El *cuadro I* presenta la relación entre la edad aproximada en que tienen que ser talados y la especie de algunos árboles.

Especie	Años
Acacia	20-60
Chopo	30
Abedul, álamo blanco, aliso	40
Arce, cedro, cerezo, sicómoro	50
Alerce, ébano, olmo, pino silvestre	70-80
Abeto, fresno, nogal, tilo	100
Haya	100
Castaño, ciprés, encina, roble	80-250

Cuadro I

BOSQUES Y TALAS PLANIFICADAS

Así como en el campo de la agricultura los viveros han servido para satisfacer una demanda cada vez más creciente de productos alimenticios, también las plantaciones y los bosques creados por el hombre pueden responder a la progresiva demanda de madera y productos derivados.

El siglo XIX fue una época de explotación desenfrenada, ya que se creía que los recursos naturales eran ilimitados y que la capacidad de regeneración de los mismos no se vería sobrepasada por la capacidad devastadora del hombre, generándose paisajes arrasados como el que se ve en la *figura 19*. Esta postura fue paulatinamente cambiando, ya que los recursos naturales se hicieron cada vez más escasos, al tiempo que su costo de explotación aumentaba.

El concepto de rendimiento sostenido es fundamental en el planteamiento de los bosques creados por el hombre. La demanda por parte de los aserraderos, las fábricas de papel o cualquier industria que utilice en sus productos la madera es paulatinamente creciente. Entonces, por

Figura 19



Figura 20

una parte se tienen que satisfacer la demanda actual y futura y también hacerlo dentro de los límites del ciclo natural de la producción maderera, lo cual significa que si los árboles necesitan cincuenta años para llegar a su plena madurez, cada año puede talarse una quincuagésima parte del bosque para luego repoblarla.

Esta tala permitida, correspondiente al incremento anual medio del crecimiento del bosque, se establece con cuidado mediante la valoración de muestras tomadas durante un período de varios años y es corregida regularmente (*figura 20*).

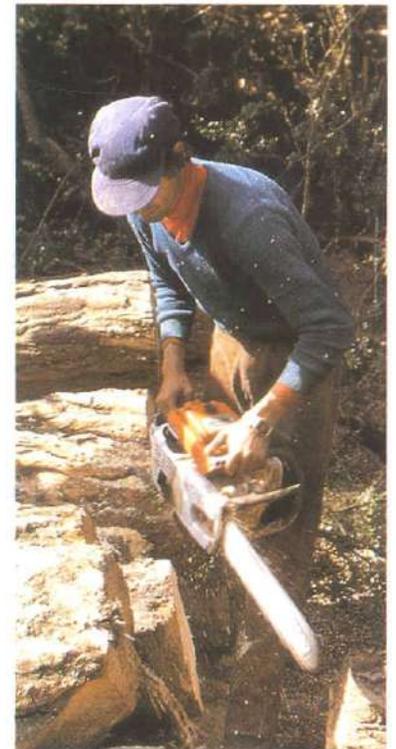
Para todo este proceso calculado, la silvicultura (que es la ciencia que estudia la intervención racional del hombre en el bosque) permite a través de técnicas científicas obtener un rápido crecimiento a un mínimo coste, disminuyendo al máximo las pérdidas sufridas por los árboles jóvenes. La mecanización ha sustituido a la mayor parte de los métodos tradicionales, especialmente en lo que respecta a la obtención de los semilleros de la reserva necesaria de pequeños árboles para la repoblación.

La experiencia práctica demuestra que lo más rentable es plantar en un principio un número mayor del necesario. Aproximadamente 10 árboles por cada uno de los previstos, ya que una parte variable de ellos no sobrevivirá al ser sofocados por las malas hierbas, roídos por ratones, atacados por insectos o aniquilados por enfermedades; también los más débiles deberán ser arrancados para dejar espacio a los más fuertes. Los menos rigurosos, aunque sean de tronco delgado, serán también comercializados como maderos para la construcción de cercas o como puntales para las minas, mientras que la pulpa y los trozos pequeños de troncos se utilizarán como combustible.

Dentro de los métodos para la tala planificada se pueden distinguir el de talas parciales, el de los árboles sembradores y el de la tala selectiva.

Estudio de la materia prima

Troceado con sierra manual



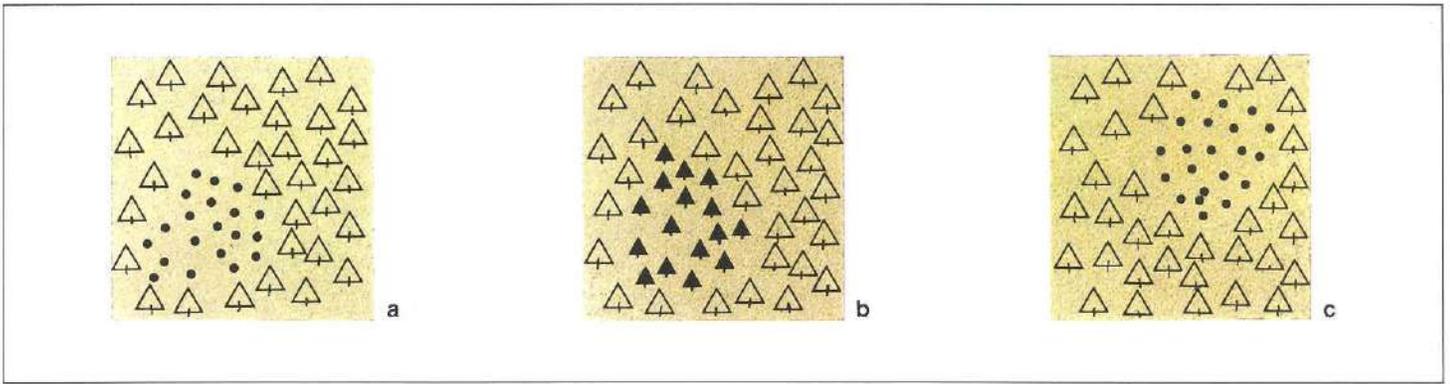


Figura 21

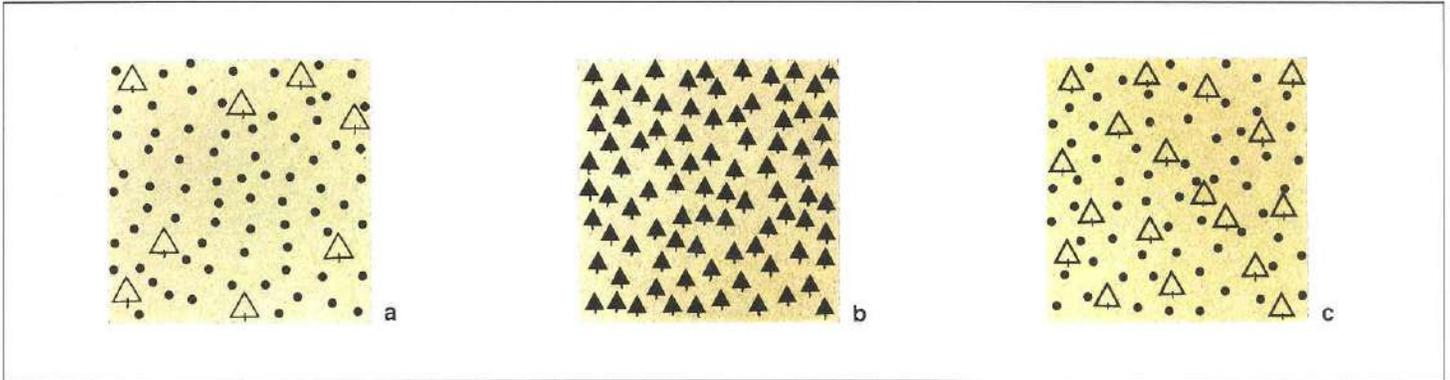


Figura 22

Método de talas parciales

Este método propone dividir en varias parcelas un bosque determinado para talarlo de forma rotativa y así asegurar un rendimiento sostenido. Esto se logra al cabo de un tiempo, que puede ser 50 años o más dependiendo de la especie plantada. La erosión que puede afectar al sector se evita colocando una barrera de árboles que no son talados para que con sus ramas y frondosidades protejan del viento y con sus raíces eviten la erosión del agua sobre el terreno. Este método tiene la ventaja de admitir la introducción en las plantaciones de otras variedades (figura 21). Se escoge una parcela y se tala, mientras las adyacentes contribuyen a la conservación del suelo y los hábitats (a). El área que se taló se poblará natural o artificialmente (b), y así una vez recuperada la parcela explotada puede proseguirse con otra (c).

nas especies diseminadas para que puedan actuar como árboles reproductores. Esto baja los costos de repoblación pero no admite la introducción de cepas muertas. El principal problema de este método es la excesiva densidad que puede alcanzar la repoblación natural, lo cual requiere recurrir a un costoso aclareo que evite la competencia desmesurada (figura 22). Se tala una parcela, dejando algunos árboles como repobladores (a); cuando los árboles han crecido se pueden talar los reproductores (b) y así los nuevos árboles crecerán vigorosamente, siempre y cuando se aclare el bosque una o dos veces (c).

Método de la tala selectiva

Con este método se puede constituir un bosque de diversas especies y tallas, manteniéndose la diversidad del ecosistema, ya que, aunque el costo de este tipo de explotación es alto, la extracción selectiva respeta los suelos y el entorno animal y vegetal que allí exista. Este proceso se realiza especialmente en sectores turísticos, ya que no se producen devastaciones extensas que deterioren el atractivo propio de la zona, asegurando además que no se produzcan avalanchas y desprendimientos de tierra (figura 23). Se talan algunos árboles de manera se-

Abatimiento desde la base del árbol



Método de los árboles sembradores

Este método se desarrolla principalmente con aquellas especies de árboles que tienen semillas de fácil reproducción y que no necesitan un cuidado especial para su desarrollo. La parcela se puede talar casi en su totalidad, dejando algu-

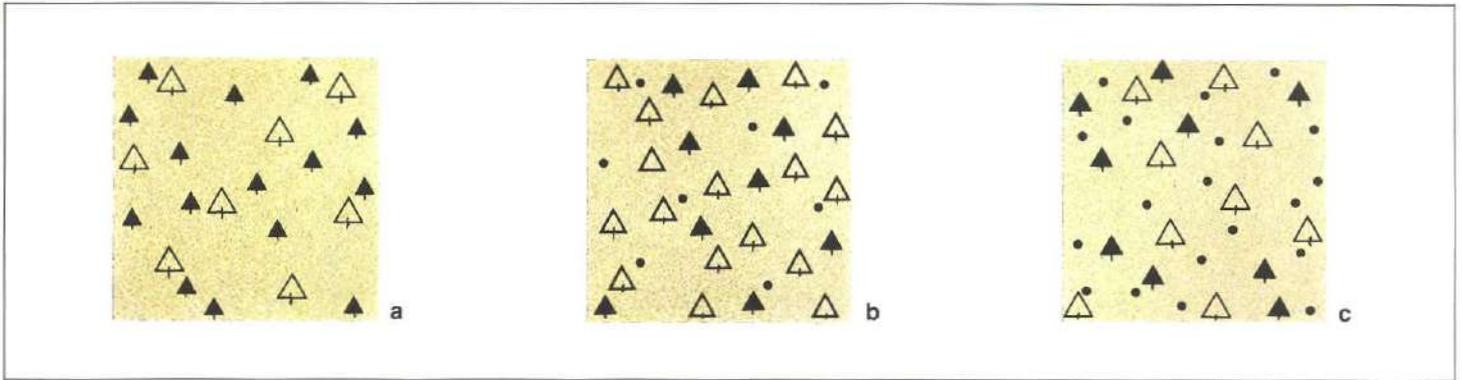


Figura 23

lectiva dejando los menos vigorosos (a) para que estos crezcan y puedan ser los próximos en ser talados mientras se hacen repoblaciones adicionales (b). Una vez que se ha completado la repoblación se procede a talar aquellos árboles que la hicieron posible (c).

te por tamaño y espesor para su posterior traslado hacia los aserraderos y fábricas de papel preparados para convertir la madera en productos comercializables.

A continuación se describen tres técnicas de tala que se usan con maquinaria pesada en lugares de difícil acceso.

TÉCNICAS DE TALA A GRAN ESCALA

Los métodos modernos e industrializados varían en sus estructuras dependiendo de las condiciones topográficas, los tipos de árboles que haya que explotar y la calidad del suelo. Económicamente, resulta rentable la utilización de grandes infraestructuras cuando en un corto tiempo de extracción se puede obtener un gran volumen de madera. En estos casos los troncos serán de grandes dimensiones, de unos 10 m de longitud y 2 m de diámetro, lo cual determina la utilización de maquinaria pesada, y deben ser transportados sin haber sido previamente preparados, únicamente despojados de sus ramas.

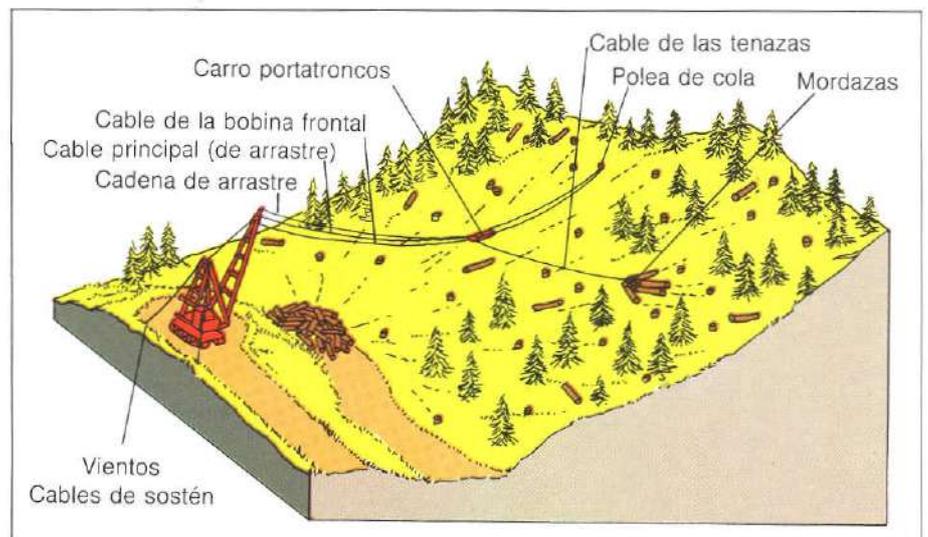
El desarrollo de estas grandes maquinarias empezó en Escandinavia, ya que la tradicional mano de obra, que trabajaba con hacha y tracción animal, emigró paulatinamente a la ciudad. Entonces las empresas se vieron obligadas a construir complicadas maquinarias que pudieran trabajar con poco personal, al que habían de pagar elevados salarios que les compensase tener que vivir y trabajar en solitario. Es así como actualmente existen gigantescas máquinas que talan, desbastan, descortezan y cortan transversalmente los árboles en el mismo bosque.

Las taladoras o recolectoras pueden cortar los troncos de los caducifolios de más de dos metros de diámetro, utilizando cizallas en lugar de sierras. Las cortadoras, las troceadoras y las procesadoras eliminan las ramas, arrancan la corteza y cortan los troncos a la longitud deseada, clasificándolos automáticamente

La cadena de tracción

En esta infraestructura la máquina de tensión se sitúa en la ladera de la montaña de manera estable y firme. El cable de arrastre va anclado a una polea de cola situada en el interior del bosque y es tensado por medio de un manubrio o torno. Los grupos de troncos están sujetos firmemente con mordazas para ser atraídos hacia la cadena por el cable de las tenazas y luego arrastrados por el cable principal hasta el borde de la ruta de los anteriores troncos transportados. Después el carro de arrastre de los troncos, mediante la utilización de un cable de bobina frontal, vuelve a la posición en que se encontraba inicialmente para repetir el ciclo (figura 24).

Figura 24



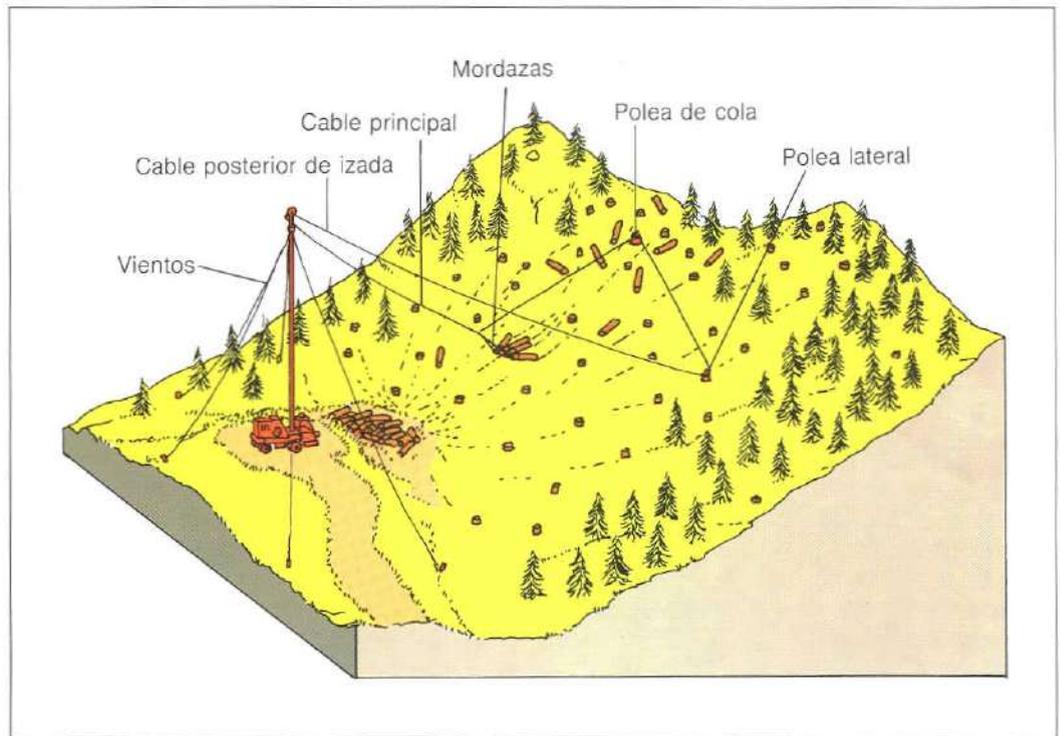


Figura 25

de las bobinas frontales, deslizándose por poleas fijas, retornan las mordazas a su posición anterior (figura 25).

Arrastre con globos

Ésta es la técnica con menos roce, ya que los troncos no tocan el suelo al ser transportados. Por medio de un globo cautivo, anclado a diversos lugares con vientos fijos y de tracción, los troncos van colgados y se utiliza su propio peso para que el aeróstato lleve las piezas desde el lugar de extracción al lugar de carga. El inconveniente de este sistema es que está restringido a aquellos lugares donde no soplan vientos fuertes (figura 26).

TALA EN ALTA MONTAÑA

Antiguamente, los taladores no tenían inconveniente en detectar y talar de forma manual los árboles mayores, aunque esto significara un lento y arduo proceso. Lo que realmente hacía imposible e inaccesible para estos hombres las altas laderas de las montañas, fuera cual fuera la calidad de la madera, era el difícil transporte del árbol abatido montaña abajo. Así, grandes extensiones de bosques de muy buena calidad fueron declaradas inaccesibles, mientras que los lugares accesibles fueron talados y despojados de toda su riqueza maderera.

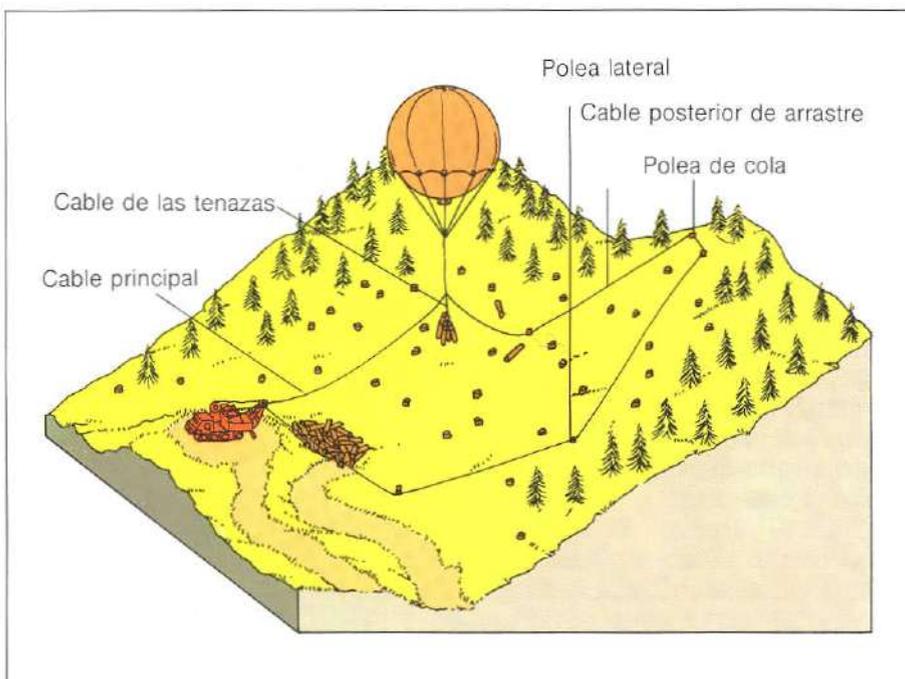


Figura 26

Arrastre mediante el mástil

En esta infraestructura, una torre telescópica, que puede ser también un árbol-mástil, se encarga de izar los troncos, los cuales, al haber menos roce, se ensucian menos con la tierra. La torre puede llegar a tener 30 m de altura, y se monta sobre una plataforma móvil y totalmente autónoma. Los troncos se fijan mediante mordazas a un cable más corto que a su vez va unido a un cable de izada. Los cables



Figura 27

Las modernas técnicas forestales han cambiado por completo esta situación. Además, se han elaborado sistemas racionales de extracción que aseguran una buena producción junto con el debido cuidado del hábitat de los animales que habitan los bosques y del medio ambiente en general.

El silvicultor se ha convertido en la actualidad en agricultor, replantando al mismo tiempo que tala, manteniendo una cuidada planificación de las intervenciones de la extracción en los bosques. Los *bulldozers* han hecho posible el trazado de carreteras en lo alto de las montañas, excavando las laderas y amontonando la tierra en forma de precarias terrazas.

Las dificultades son numerosas ya que los troncos son muy pesados y los camiones necesitan caminos despejados de todo obstáculo; no obstante, las inevitables curvas son una barrera que hace más lento y peligroso el proceso de acarreo y transporte. Un moderno camión de veinte ruedas, cuya tara sobrepasa las cuarenta toneladas, puede transportar una docena de troncos, que, juntos, pueden llegar a sumar ochenta toneladas o más. La modernización de toda la infraestructura de extracción permite llegar más alto en cada montaña y más profundo en cada bosque, existiendo una verdadera cadena mecánica entre el lugar de la tala y el aserradero; incluso se cuenta con camiones astilladores de proceso ambulante (figura 27). Grúas, tractores, plataformas, camiones y torres conforman el último eslabón de una historia que comenzó

con hombres de hacha en mano, que debían adentrarse muchas veces en solitario y por caminos improvisados para llegar a talar o limitarse a contemplar aquellos enormes árboles que no podían transportar (figura 28).

TROCEADO

Sea cual sea la modalidad de troceado o despiece, lo fundamental será conseguir el mínimo residuo después de cada corte.

Como cada pieza corresponderá a un uso determinado, el producto final podrá ir desde lo rudimentario del rollizo (tronco descortezado) a la pieza paralelepípedica cepillada y perfectamente ortogonal en cada uno de sus lados.

Figura 28



Biblioteca Atrium de la Carpintería - 1

Por ello, haremos la siguiente distinción, ya que en el mercado la madera se podrá encontrar fundamentalmente en dos formas:

a) madera sin labrar: es aquella en la que la sierra ha intervenido de forma primaria o no ha intervenido, generándose un troceado transversal más que longitudinal, ya sea en rollos, trozas y troncos descortezados (*figura 29*).

b) Madera labrada: es aquella donde el troceado genera piezas escuadradas y, por tanto, los cortes son de mayor complejidad, ya sean vigas, tablonés, tablas, etcétera.



Figura 29

Madera sin labrar

Según la medida de los troncos de los árboles y otras características especiales, la madera recibe los siguientes nombres:

— Madera en rollo o rollizo: es la obtenida después del descortezamiento del fuste. El rollo sin trocear es enterizo cuando se deja con toda la longitud del fuste; también se le puede llamar poste.

— Rollo grueso: son las piezas en redondo que tienen más de 30 cm de diámetro y una longitud entre 10 y 15 m.

— Rollo semigrueso: son las piezas en redondo de 25-30 cm de diámetro y de 8-10 m de longitud.

— Postes: son los troncos que miden 12-25 cm de diámetro y 7-12 m de longitud. Se emplean por regla general en andamiajes.

— Vigas redondas: son las piezas empleadas generalmente en los techos, con un diámetro de 15-25 cm y entre 3 y 6 m de longitud.

— Maderos: son los troncos redondos que miden 15-25 cm de diámetro y 5-10 metros de longitud.

— Apeas: son los rollizos que tienen un diámetro inferior a los 10-15 cm. Son usados en estibaciones.

— Semirrollizos: son las piezas resultantes de partir un rollizo mediante un corte de sierra a lo largo del eje.

— Cuarterones: se llaman así las piezas resultantes de partir los rollos gruesos por medio de dos secciones normales, dadas a lo largo del eje.

— Madera escuadrada o de hilo: recibe este nombre cuando está labrada en sus cuatro caras con el hacha, presentando de esta forma las aristas más o menos redondeadas.

— Madera de sierra: se llama así cuando los troncos están escuadrados con sierra y tienen las aristas vivas.

— Madera de raja: es la que se obtiene desgajando o hendiendo una cuña en el sentido de la veta de la madera.

Madera labrada o escuadrada

Este tipo de madera es la elaborada principalmente en aserraderos y cuenta, generalmente, con una infraestructura tal que la función del hombre es más indirecta que operativa, aunque la tarea del capataz es de gran responsabilidad, ya que de su destreza depende que de un tronco se pueda conseguir la mayor cantidad de madera comercializable.

El producto es una madera que tiene sus cuatro caras con formas planas, obtenidas por cortes longitudinales efectuados por una sierra.

EL PROCESO

Una vez que los troncos ya han sido transportados al aserradero y se ha tenido el cuidado de descargarlos en lotes de similares características, un vehículo especialmente acondicionado con tenazas para transportar haces de maderos (*figura 30*) los traslada a una cinta sin fin para ser descortezados superficialmente (*figuras 31 y 32*).

Nada se desperdicia, ya que la corteza que es arrancada en esta parte del proceso es prácticamente pulverizada y utilizada como combustible en el mismo aserradero, como fertilizante en jardinería, como acondicionador del suelo, etc.

En cuanto el tronco entra en el aserradero procedente del centro de descortezado, es dimensionado y cortado según su posterior utilidad por sierras angulares si la pieza es de grandes dimensiones (*figura 33*). Si se quiere elaborar una viga o un tablón para la construcción, dichas piezas serán más largas que las destinadas a revestimientos.



Figura 30



Figura 31

Estudio de la materia prima

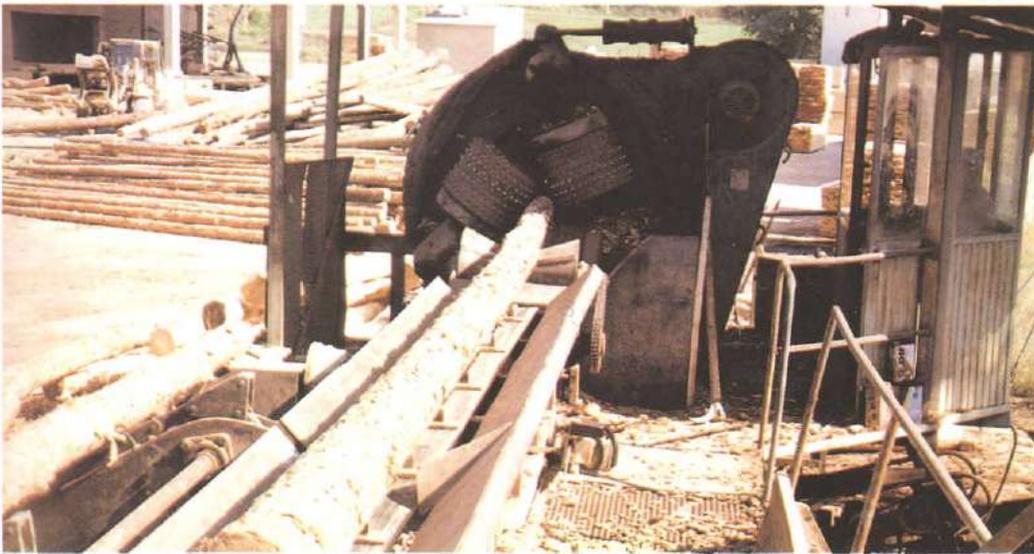


Figura 32

Los aserraderos ocupan grandes superficies, al ser el proceso de troceado lineal y continuo

Figura 33



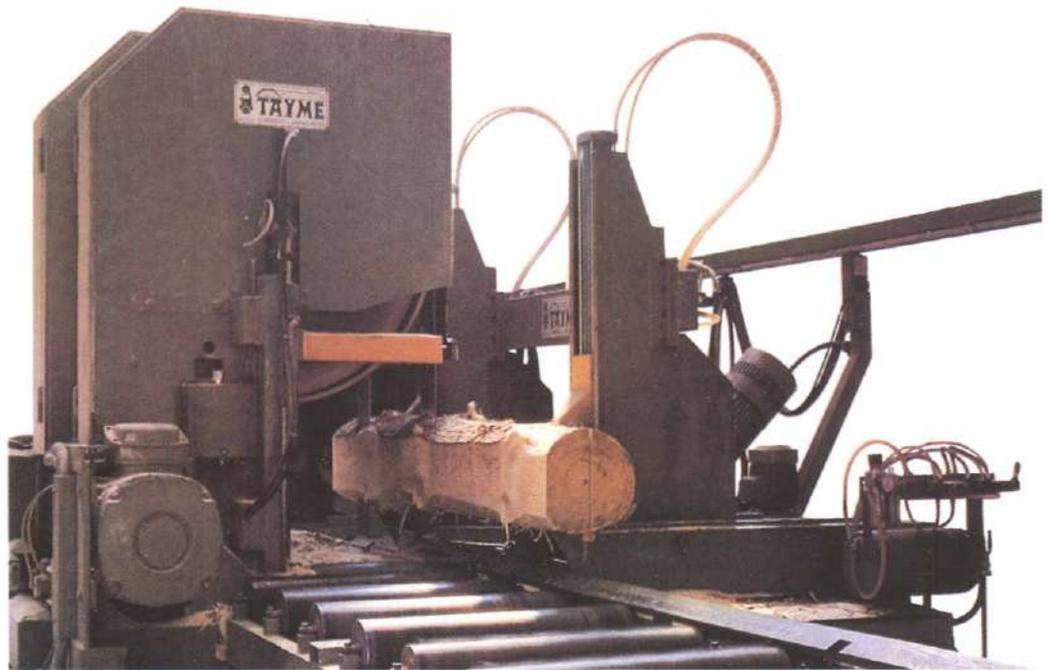


Figura 34

La selección consiste en separar las piezas ya dimensionadas a un largo, según el diámetro de cada uno de los troncos, a través de cintas transportadoras que las reparten a diferentes máquinas procesadoras. Los troncos de gran diámetro pasan directamente al equipo principal, y si son de tamaño mediano, las procesadoras de corte longitudinal se encargan de trocear la pieza a lo largo de la fibra (figura 34), mientras que los troncos más pequeños pueden ser llevados a las pequeñas sierras de cinta o a la desmenuzadora, que corta la madera en trozos de sección cuadrangular dejando como residuo los costeros, que se utilizarán para ser convertidos en pulpa si son de pequeña dimensión (figura 35).

Las piezas cuadrangulares, libres de su último vestigio de tronco, se han convertido en la materia prima de lo que se entiende por madera labrada (figura 36).

A continuación, estas piezas son transportadas e introducidas en máquinas ase-

rradoras de hojas sin fin, que las subdividirán en 2, 3, 4... partes según corresponda al encargo y a la planificación del troceado (figura 37). Igualmente se hará con los costeros de los troncos de mayor tamaño para lograr tablas irregulares y semiescuadradas que puedan servir para la construcción de cercas, cierres, o bien, en el terreno de la construcción, para encofrados (figura 38).

Los maderos de grandes dimensiones, procedentes del equipo principal, si son de maderas exóticas o adecuadas para la chapa, serán descortezados mediante un torno que dejará el tronco en condiciones para ser cortado en delgadas capas (figura 39). Otra posibilidad es que pasen a ser reaserrados por las sierras de cinta en trozos de dimensiones adecuadas, desechando los extremos, que serán llevados mediante transportadoras a la planta de desmenuzamiento, para, junto al material del descortezamiento, ser convertidos en pulpa o viruta para la fabricación de placas de aglomerados o papel (figura 40). Es importante detallar que el largo de la pieza ya elaborada, que según su sección o longitud será una tabla, un tablón, una viga, etcétera, estará determinado principalmente por la estructura original del árbol, es decir, que si, por ejemplo, un árbol es muy alto pero su tronco es cónico (el diámetro del tronco disminuye mucho en la medida que alcanza mayor altura), su despiece generará una gran cantidad de piezas de corta longitud. Las piezas encuadradas podrán tener dos grados de terminación, siendo la denominación de madera en bruto aquella que mantiene sus lados tal cual salen de la sierra, y ma-

Figura 35





Figura 36

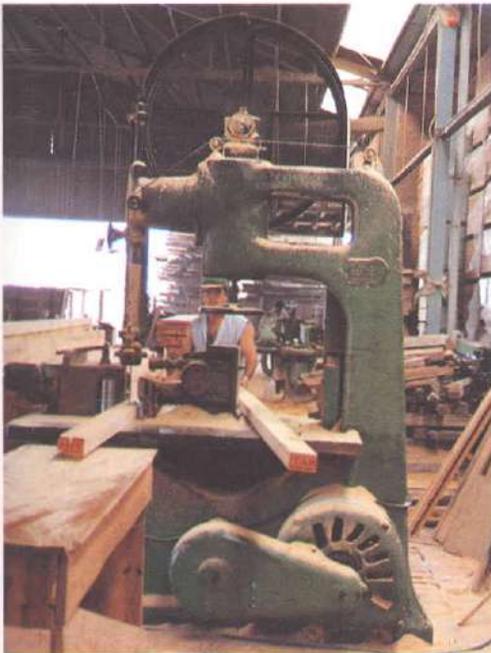


Figura 37



Figura 38

Figura 40



Figura 39



Biblioteca Atrium de la Carpintería - I

dera cepillada aquella que con posterioridad es sometida a un alisamiento de sus caras, con lo cual se consiguen superficies más perfectas y perfiles mucho mejor terminados.

Al final de estos procesos, las piezas se ordenan por tamaño y escuadría y se agrupan en conjuntos homogéneos que pasarán, mediante una cinta mecánica, por una sierra de corte radial que despuntará a cada grupo de manera que la longitud sea exactamente igual en cada uno de ellos (figura 41).

Otro aspecto importante es que se reduzcan al mínimo los inconvenientes de la contracción de las tablas, ya que los cortes sólo coincidirán, a lo sumo, en un plano con el sentido de las fibras del árbol.

Los sistemas y métodos de corte para dividir el tronco en piezas cuadrangulares son los siguientes (figura 42):

a) Cortes radiales: si se siguen los radios medulares se pueden obtener, teóricamente, tablas de un tronco con la mínima posibilidad de fendas y alabeos. El principal inconveniente es la excesiva pérdida de material, al tener que lograr secciones rectangulares.

b) Cortes paralelos: de esta manera se obtienen tablas y tablonos de toda la anchura del tronco, aunque tiene el inconveniente de la pieza central, la cual contendría el corazón del tronco con su consecuente falta de homogeneidad (zona B-B'); además, las restantes tablas se curvarían cóncavamente hacia la periferia del madero, en donde aumentan la savia y la humedad, y por lo tanto el alabeo estará presente en cada una de estas piezas (zona A-A').

c) Corte para pieza enteriza: el madero rollizo se descortiza con la sierra dando cuatro caras perpendiculares entre sí y quedando cuatro piezas de costero que, si son del tamaño adecuado, se convertirán en tablas. Con los costeros como residuos, la merma producida alcanza el 30 %, y se obtiene, además, una pieza central de grandes dimensiones y bastante homogénea.

d) Corte para despique en cruz: con este sistema se consiguen varias piezas de estructura homogénea. El duramen queda repartido en dos zonas; de los sectores angulares se sacan tablas pequeñas

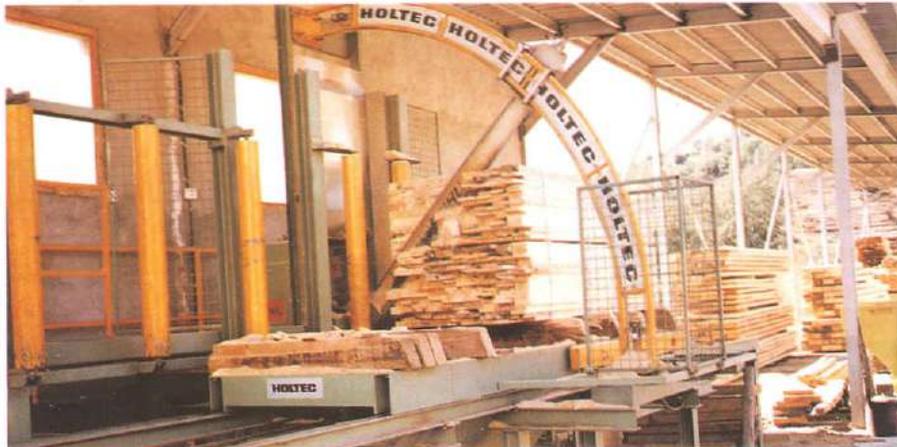
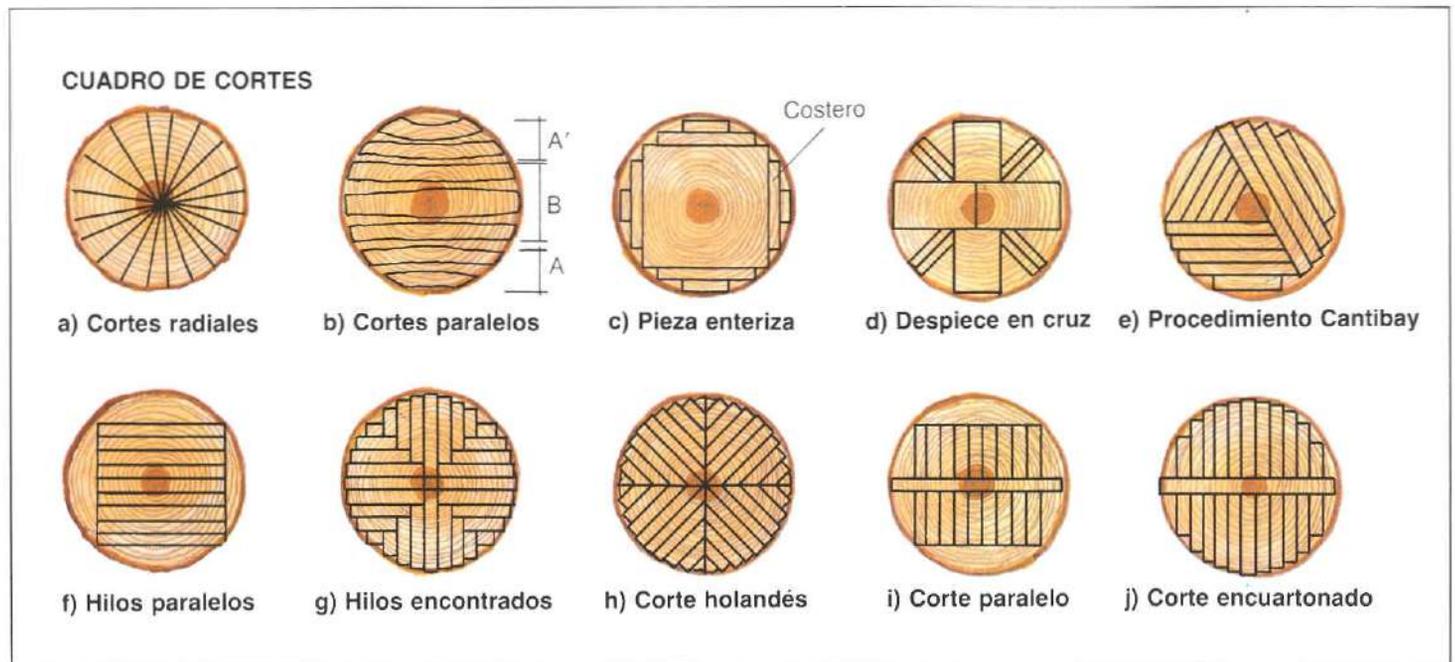


Figura 41

SISTEMAS PARA CONVERTIR UN TRONCO EN TABLAS

Se podría decir que, en términos generales, todos los sistemas de máximo aprovechamiento del tronco tienden a disminuir los residuos no ortogonales, producto de los cortes que en sucesivos pasos tenderán a generar la mayor cantidad de piezas útiles.

Figura 42



pero de características muy vistosas, ya que muestran claramente la estructura radial del árbol.

e) Corte Cantibay: cuando se tiene un tronco con el corazón o médula muy alabeado o marchito es correcto utilizar este procedimiento, ya que lo elimina y permite obtener un buen número de tablas anchas con un mínimo de desperdicio.

f) Corte por hilos paralelos: es el procedimiento empleado para maderas económicas, aunque se pierde entre un 20 % y un 30 % por los costeros, si bien proporciona tablas de igual espesor y ancho sin rastro de corteza.

g) Corte por hilos encontrados: es un tratamiento por cuadrantes, en los cuales se van haciendo cortes alternativos paralelamente a los ejes del tronco, reduciéndose al mínimo las posibilidades de alabeo.

h) Corte holandés: es el mejor método para producir tablas de un tronco sin abarquillamiento, ya que los cortes se dan paralelamente a los radios medulares obteniéndose tablas más bien estrechas, pero de buena calidad y hermoso veteado. Este procedimiento se usa para maderas escogidas.

i) Corte paralelo: es muy similar al corte por hilos paralelos, si bien las tablas son más angostas y tienen una menor tendencia al abarquillamiento.

j) Corte encuartonado: este procedimiento entrega tablas con cortes perpendiculares a los anillos, lo que evita en parte la tendencia a la deformación; también se elimina la zona del corazón, obteniéndose tablas más estrechas.

Estudio de la materia prima

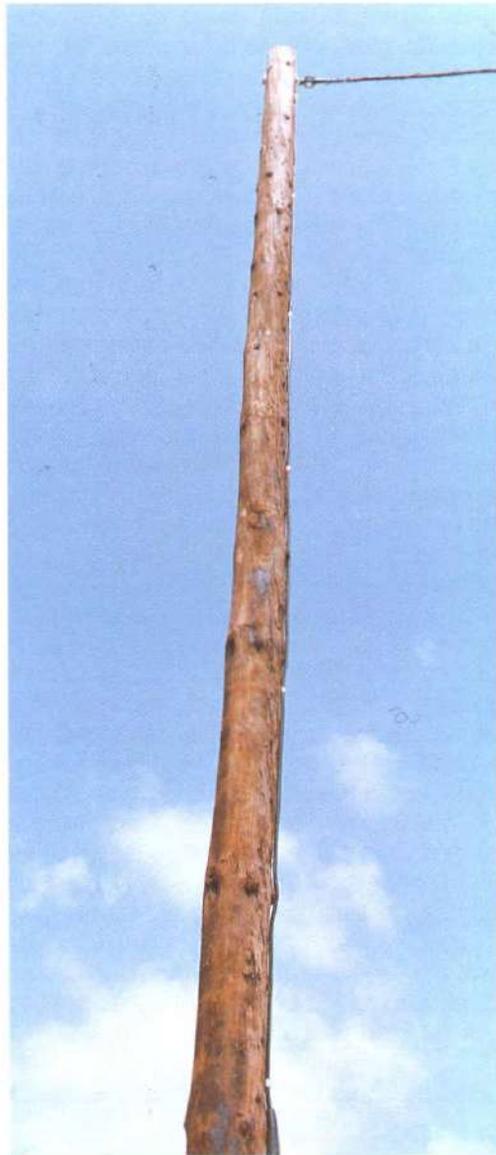


Figura 43

Figura 44

Postes y pilotes tratados

Dentro del contexto de la madera sin labrar están los postes o pilotes, que, al ser utilizados preferentemente en exteriores y muchas veces en contacto directo con la humedad, lluvia, o al estar parte de ellos sumergidos en agua dulce o de mar, están en peligro de pudrición y deterioro, ya que los cabezales de un tronco ya dimensionado absorben humedad a través de las fibras, y en cierta manera siguen actuando como materia viva.

Por ello, en aquellos lugares en que se han utilizado rollizos como postes y pilotes, éstos han sido previamente sometidos a tratamiento de presión, sirviendo de soporte a los cables eléctricos y telefónicos (figura 43), sosteniendo puentes y construcciones, protegiendo de la erosión las zonas litorales y las márgenes de los ríos, y sirviendo de postes de amarre en los muelles y embarcaderos (figura 44).



La sustancia más usada en impregnación de maderos es la creosota, la cual puede alargar la vida de un poste a la intemperie en 25 años.

Claro está que el grado de impregnación de la madera con la sustancia impermeabilizante dependerá de la estructura interna de la especie y del tamaño del tronco.

En cualquier caso, la penetración se hace principalmente según la dirección de las fibras, mientras que a través de los poros de las paredes es mucho menor.

Tanto los radios medulares como los conductos resiníferos tienen muy poca importancia en la regulación del flujo de la sustancia. La albura se impregna rápidamente, mientras que el duramen es muy resistente al paso de los líquidos protectores.

El tratamiento a presión consiste básicamente en un tanque metálico dentro del cual se depositan los rollizos (tronco ya descortezado); si la madera es muy dura, previamente se le harán incisiones a cada pieza para que las sustancias fluyan. Cuando se han introducido las piezas de madera se hace pasar por el tanque de tratamiento una corriente de aceite a 90 °C para extraer la humedad guardada en las piezas; una vez deshidratada, se procede a hacer penetrar, a presión cada vez mayor, la sustancia impermeabilizadora. Luego, los postes son secados a vapor para su uso posterior (figura 45).

SECADO

Una vez los troncos han pasado por el proceso de tala y troceado, y se han dimensionado y seleccionado en piezas según su escuadría, se procederá al secado si se quiere su aprovechamiento comercial, ya que la madera aserrada contiene una gran cantidad de humedad en vasos y fibras; además, la savia que aún se con-



Figura 45

serva podría fermentar a causa de los materiales solubles que la componen o podrían aparecer hongos y pudriciones (figura 46), generando alteraciones futuras en la madera no secada. Además, en los trabajos realizados con maderas imperfectamente secas, sus fibras tenderán a separarse bajo la acción de la contracción una vez producida la sollicitación. Por ello conviene expulsar la savia o hacerla inofensiva ordenando su desecación con toda rapidez y así poder evitar la fácil corrupción.

Para entender cómo afectan los diferentes tipos de secado a la madera, se tendrá que analizarla en su propiedad higroscópica, es decir, en su capacidad de absorber, retener y expulsar humedad.

La madera y la humedad

Todos sabemos que la madera aumenta de tamaño con la humedad y encoge o disminuye su volumen al secar.

El tronco de un árbol recién cortado puede contener más del doble de su peso en agua. Para utilizar la madera en obra debe haber perdido la mayor parte de esta humedad, y esto se verifica primero eliminando el agua libre (la que ocupa los espacios celulares o intercelulares vacíos) y luego el agua de impregnación (la que empapa las paredes celulares).

Se acostumbra a expresar la humedad de la madera en porcentaje sobre el peso de la madera seca. Por ejemplo, si una pieza de madera pesa 150 g y contiene 100 g de madera y 50 g de agua, su porcentaje de humedad expresado en la forma anterior será de 50 %.

A pesar de esto, dicha determinación es relativa y no da la cantidad absoluta de humedad, a no ser que se tenga en cuenta la densidad de la madera. Por ello una madera de mayor densidad retendrá una mayor cantidad de agua frente a otra

Figura 46



madera de menor densidad y que tenga las mismas dimensiones, ya que la cantidad de paredes celulares será también mayor en el primer caso.

PROPORCIÓN DE HUMEDAD

Los porcentajes de humedad pueden medirse en un laboratorio, comparando el peso de una muestra de madera en estado natural con su peso después de ser sometida a un secamiento completo. Hay instrumentos electrónicos que indican de inmediato la humedad de una pieza de este material de manera bastante aproximada.

Por ejemplo, una madera secada al aire libre tiene todavía un 12 % de humedad en verano y un 18 % en invierno. La humedad media internacional oscila alrededor de un 12 %.

En la madera, la humedad se manifiesta principalmente por la savia, que es muy dañina y difícil de eliminar; en el agua de impregnación que empapa las paredes celulares, que, al desaparecer, origina la contracción de la madera; y en el agua libre interpuesta entre los espacios celulares vacíos, fácil de eliminar.

Las maderas blandas, recién apeadas, contienen desde el 60 % hasta el 240 % de agua. En las maderas duras, el agua oscila entre el 45 % y el 80 %. Todos estos porcentajes dependerán de algunos factores tales como la especie del árbol, que determinará que las maderas blandas contengan más humedad que las duras; las partes del tronco, que darán a la albura y a la corteza el doble de humedad que al corazón; el terreno húmedo, que aumentará la humedad del árbol.

Según la proporción del agua contenida, las maderas se pueden clasificar de la siguiente manera (figura 47):

- a) Maderas verdes, que contienen más del 20 % de agua.
- b) Maderas poco secas, que contienen del 18 % al 20 %.
- c) Maderas desecadas al aire, que contienen del 12 % al 18 %, con una media del 15 %.
- d) Maderas muy secas, que contienen menos del 12 %.

CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA

Se trata de la disminución del volumen de la madera en función de una pérdida de agua. Según el grupo de maderas, la contracción volumétrica es la que se indica en el cuadro II.

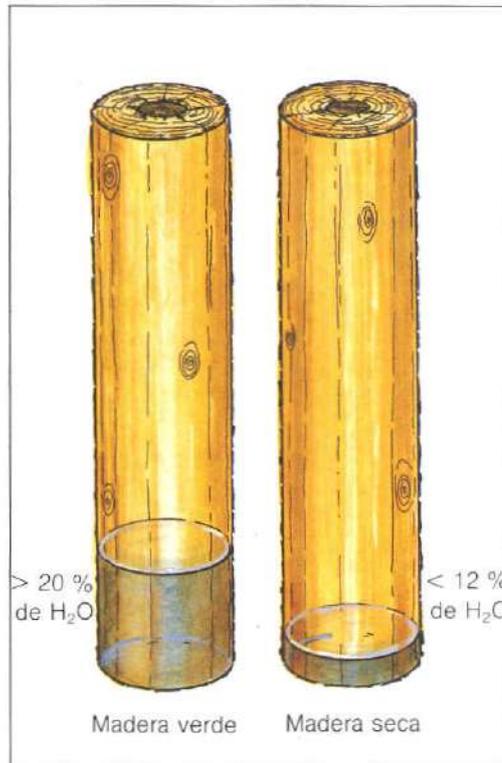


Figura 47

Estos porcentajes nos permitirán obtener una madera con un grado de humedad mínimo tal que su secado no produzca fisuras ni grietas que la hagan inútil.

EQUILIBRIO HIGROSCÓPICO DE LA MADERA

Al apilar la madera al aire libre o bajo techado, el aire circula a través de ella, convirtiéndose en el agente encargado del secado de la madera, realizando su cometido tanto más rápidamente cuanto más caliente y seco sea, y cuanto mayor sea su velocidad (figura 48). Es este el mismo principio aplicado a los sistemas de secado artificial.

Pasado cierto tiempo y si las condiciones del aire no varían mucho, la humedad contenida en la madera adquiere un estado estacionario, ya que paulatinamente ésta ha disminuido hasta llegar a un cierto equilibrio con el medio, y a este fenó-

Cuadro II

% Contracción	Grupos de maderas	Ejemplos de maderas
5 al 10 %	maderas que se secan sin agrietarse	caoba, nogal y álamo
10 al 15 %	maderas que se secan con fisuras medianas	todas las resinosas
15 al 20 %	maderas que se secan con fisuras grandes	algunas frondosas, como el fresno y la encina

Biblioteca Atrium de la Carpintería - I



Figura 48

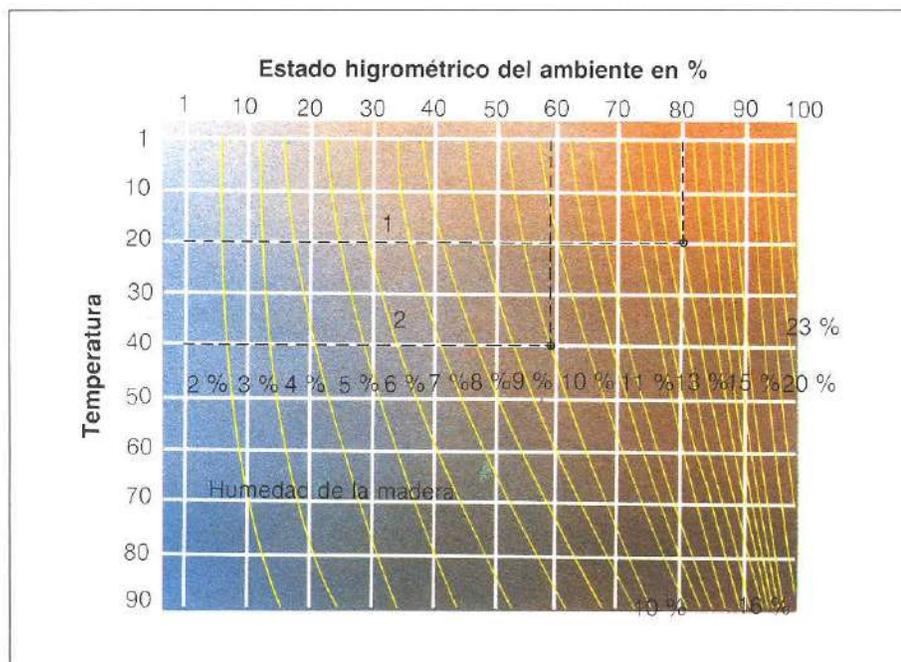
meno se le denomina equilibrio higroscópico, que se puede producir también en una madera seca colocada en un ambiente húmedo; en ambos casos se llega a un grado de humedad que se llamará límite.

El gráfico representado en el cuadro III permite ver el tanto por ciento de humedad límite de la madera en función de la temperatura y de la humedad relativa del ambiente.

En el gráfico se determinan dos ejemplos, uno que muestra el comportamiento de la madera secada al aire (1), y otro que muestra el caso de una madera secada con método artificial (2). Existe una diferencia del 6 % en el estado de humedad de la madera entre un caso y otro.

Conocer la humedad límite de la madera permite que, al afrontar el proceso de secado, se proceda hasta el equilibrio justo de humedad entre la materia y el medio. Esto evitará que posteriormente la madera se contraiga o se hinche de acuerdo con las condiciones climáticas del medio en que se utilice. Este conocimiento también servirá para conocer cuándo una operación de secado ha llegado a su término, ya que si seca más o menos de la humedad límite, posteriormente la madera cambiará de volumen por estar en actividad su propiedad higroscópica.

Según las distintas aplicaciones que vaya a tener la madera es conveniente saber la humedad límite que le corresponde a cada cual (cuadro IV).



Cuadro III

Cuadro IV

Empleo de la madera	Humedad límite %
1) Muebles y parqué en países fríos con calefacción alta	8-10
2) Muebles situados en lugares con calefacción central normal	10-12
3) Muebles situados en lugares que sólo se calientan alguna vez	13-14
4) Puertas y ventanas al exterior	14-15
5) Equipo agrícola, tonelería, embalajes, cajas	16-17
6) Maderas en las que se quiere evitar la pudrición seca	18-20
7) Construcción de madera expuesta a corrientes de aire fresco y húmedo	21-24
8) Maderas preparadas para tratamientos antisépticos	24-28

Proceso de secado

La madera, al estar sometida a un proceso no natural de secado, sufrirá una disminución o contracción rápida.

Con el secado se iguala el porcentaje de humedad de la madera con la humedad del ambiente. Para producir este equilibrio existen diferentes métodos, pu-

diéndose reducir a tres principales: natural, natural acelerado y artificial.

Para poder secar la madera de forma natural o acelerada se necesitan superficies extensas, mientras que para el método artificial se utilizan recintos cerrados especialmente acondicionados.

Tanto en un medio natural como artificial de secado, tendrán que existir tres condiciones básicas, como son temperatura elevada, velocidad del aire de 0,6 a 1,5 m/s y un estado higrométrico alto.

SECADO NATURAL

Es un procedimiento natural para secar la madera en el que la madera se encastilla o apila, de manera ordenada, al aire libre. Se dejan espacios entre las piezas para que circule el aire y así se facilite un secamiento gradual. El peso de la madera misma impide que las piezas se deformen. Es frecuente que tanto la base del castillo como las capas de madera no sean horizontales, sino con una cierta pendiente, con el propósito de facilitar la circulación del aire.

Es un procedimiento antiguo y sencillo que da buenos resultados, aunque tiene como inconvenientes que su emplazamiento requiera mucho terreno y que no consigue destruir las larvas de los insectos ni permite generar material que vaya a estar sometido a elevada calefacción. Sin embargo, tiene la ventaja de que la madera apilada no cambia de colorido.

Figura 50



Figura 49

Según el clima y el tipo de madera, tarda aproximadamente dos años para las maderas blandas, y para las duras, puede llegar a los seis años, pudiendo darse como término medio cuatro años. Para el secado de las maderas duras y exóticas, se procederá cortando el tronco longitudinalmente y rearmando el tronco de manera que cada capa quede separada de la otra por tacos que también serán de madera dura (figura 49). Las maderas blandas se secarán, ya escuadradas y dimensionadas, en castillos que permitan la circulación del aire entre las piezas que componen la pila armada (figura 50).

El secado al aire libre se realiza inmediatamente después del proceso del

Estudio de la materia prima

El secado natural tiene como inconveniente el hecho de necesitar mucha superficie





Figura 52

Pilas protegidas de la intemperie

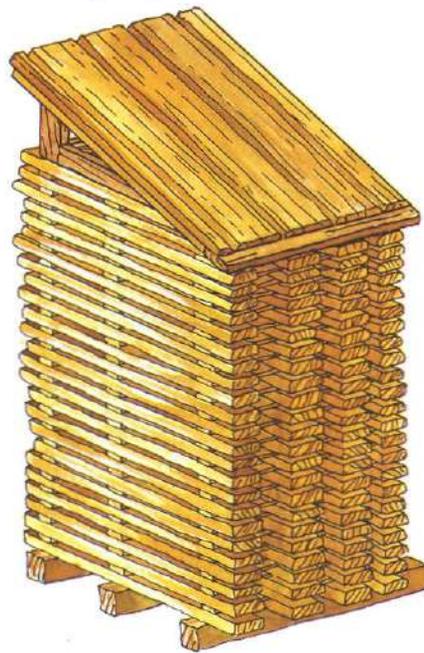


Figura 53

Las maderas blandas, que se secan fácilmente, se apilarán a finales de primavera o a principios del verano, en cambio las duras, que tienen un período más prolongado de secado, se estiban en invierno, para que el proceso más lento elimine las grietas, alabeos o torceduras.

Con las maderas blandas también se tendrá el cuidado de apilarlas más espaciadamente entre sí, y si el clima es muy tórrido se colocarán las pilas a la sombra, con tabiques protectores contra el viento dominante para así evitar que un exceso de ventilación produzca grietas de desecación.

Es conveniente, transcurrido un par de meses, colocarlas en cobertizos cerrados, con ventilación suficiente y de modo que estén protegidas del sol, evitándose de esta manera también los vientos predominantes de la zona.

Si no existieran cobertizos, las pilas se pueden cubrir con costeros formando un techo que sobresalga alrededor de la pila y con una inclinación para que el agua de lluvia pueda escurrir (figura 53).

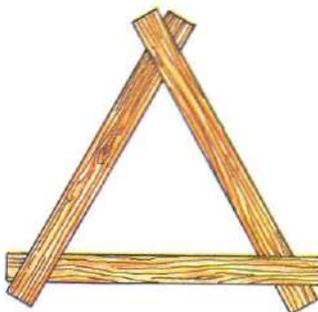
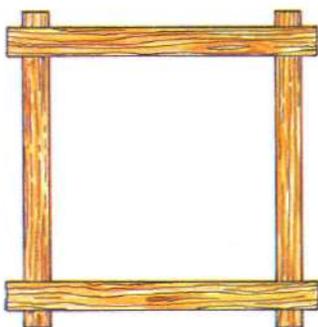
Toda madera maloliente o con algún indicio de insectos debe ser separada para no contaminar a otras piezas que puedan apilarse. Cuando se proceda a secar maderas bajo techo, dentro de algún cobertizo cerrado, se tendrá el cuidado de que las aberturas de ventilación queden situadas de tal manera que los vientos secos circulen por ellas.

Una vez verificado el secado, las maderas más pesadas se apilan planas, sin listones intermedios, o entre grupos de tablones (figura 54).

Se ha constatado que la madera, al cabo de algunos meses de estar seca bajo cobertizos, aún conserva un 30 %

Figura 51

Disposiciones de maderas para el secado



aserrado, en terrenos secos, ya que la humedad del suelo azula, pudre y cría carcoma, por lo cual los maderos son separados del suelo y entre ellos, ya que el contacto entre maderos apilados los recalienta y produce la fermentación de la savia (figura 51).

La pilas estarán debidamente cruzadas con las anteriores, para asegurar la estabilidad. Lo importante es que cada pieza sea de igual espesor, y si las tablas o tablones son de una mayor longitud, también pueden ser apilados a un largo, y de esta manera ocupar una superficie menor (figura 52).



Figura 54

de humedad, por ello es muy importante que el aire de circulación sea regulado según el tiempo y la estación.

SECADO NATURAL ACELERADO

Básicamente este proceso consiste en sumergir la madera en agua que circule con una cierta velocidad, la cual atraviesa por ósmosis los tejidos a través de los vasos, disolviendo la savia para facilitar su desecación y eliminación de sales, ya que el agua termina ocupando el lugar que ocupaba la savia dentro de la madera.

Existen procedimientos que sumergen los troncos, ya descortezados, en balsas o estanques durante tres o más semanas, con lo cual se reduce a un tercio el tiempo necesario para el secado ya que el agua introducida se evapora más rápidamente que la savia. Este procedimiento tiene el inconveniente de oscurecer ligeramente el color propio de cada una de las maderas (figura 55).

El secado al aire libre se da por bueno cuando el contenido de la humedad residual de la madera está entre el 13 % y el 20 % del peso total.

Hay que tener algunos cuidados con la madera ya seca, como son no esparcir las tablas que conforman la pila, sino reordenarlas, pues un exceso de ventilación generaría grietas por contracción (figura 56). Los listones de separación también serán de maderas blandas que no puedan manchar las tablas o tablones apilados con secreciones propias del secado.

En general el secado natural tiene la cualidad de aumentar el valor comercial de cualquier madera, ya que este sistema

respeto más el proceso natural de la madera y su relación higrométrica con el medio. En maderas blandas el valor aumenta en un 20 % y en las duras lo hace en un 40 %.



Figura 55



Figura 56

En términos prácticos se puede llegar a determinar que el secado acelerado necesitará seis meses por centímetro de espesor para las piezas blandas y doce para las duras.

SECADO ARTIFICIAL

Uno de los factores más importantes del secado artificial es que se debe hacer rápidamente después del aserrado, de tal manera que el desaviado (sustracción de la savia por disolución) se haga mediante un proceso controlado. El secado artificial lo compone una infraestructura capaz de reducir el tiempo de desecación de meses o años, en el caso del secado natural, a semanas. El resultado obtenido es una madera con una humedad normal, es decir, entre un 10 % y un 15 %.

Las ventajas que ofrece este proceso son las siguientes:

- a) Elimina insectos y gusanos.
- b) En poco tiempo se tiene la madera seca con bajo costo energético, si se utilizan como combustible los residuos de la madera.
- c) Ocupa una reducida superficie por volumen de secado.
- d) El gasto en transporte se reduce, ya que se reduce el peso de la madera.
- e) Si se controla debidamente el proceso pueden evitarse distorsiones en la madera.

Las desventajas de este proceso son:
a) Exige instalaciones costosas.

b) Puede endurecer las capas exteriores de los tejidos.

c) Se puede echar a perder la totalidad del volumen de maderas si hay algún fallo técnico o humano.

El factor que hace del secado artificial un proceso preferido por la industria de la madera es básicamente contar con un producto de mejor calidad en un menor tiempo, lo cual, ante la creciente demanda del mercado por productos de madera de calidad certificada, más brillante y libre de insectos y de sus ataques posteriores, determina que incluso maderas secadas naturalmente cumplan su proceso una vez que son secadas también artificialmente.

Los secaderos

Pueden ser clasificados en dos grandes grupos, los de compartimiento y los progresivos o de túnel; los sistemas o métodos de desecación más usados son los de aire caliente y de vapor de agua, seguidos por los de fuego directo o fuego indirecto, mientras que los sistemas de secado por ozono o calentamiento eléctrico son menos usados por el alto costo del proceso, por lo cual estos sistemas de desecación se utilizan para maderas muy costosas y particulares.

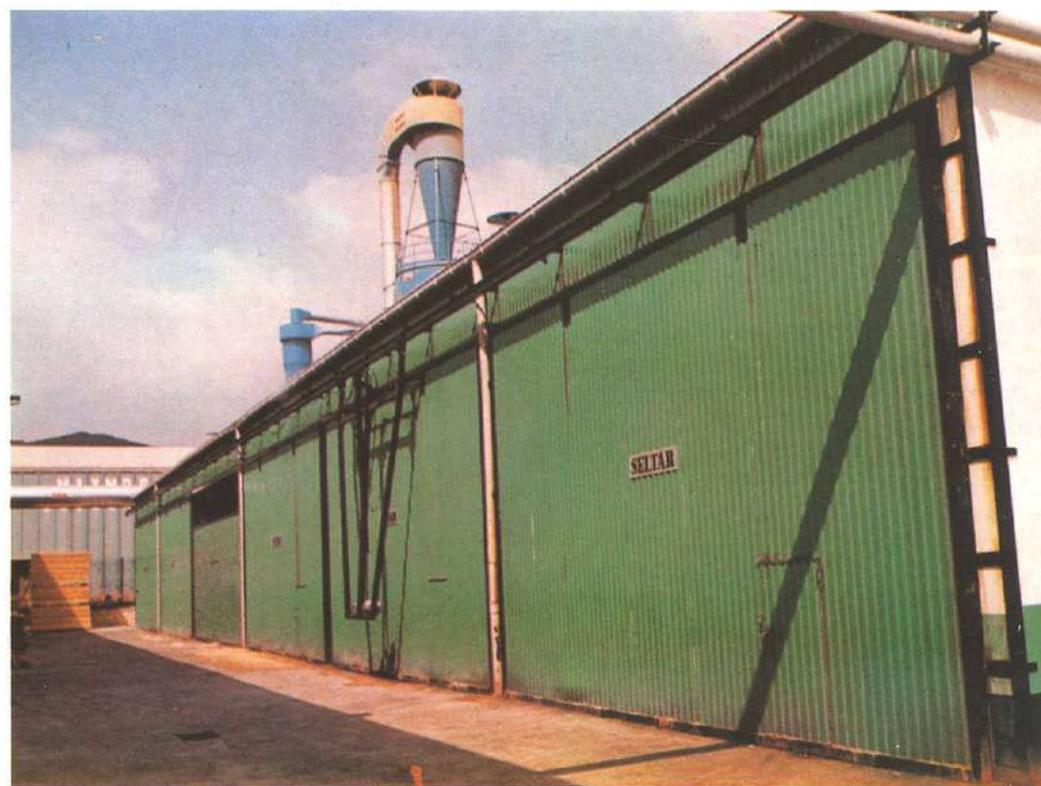


Figura 57

Figura 58



Figura 59



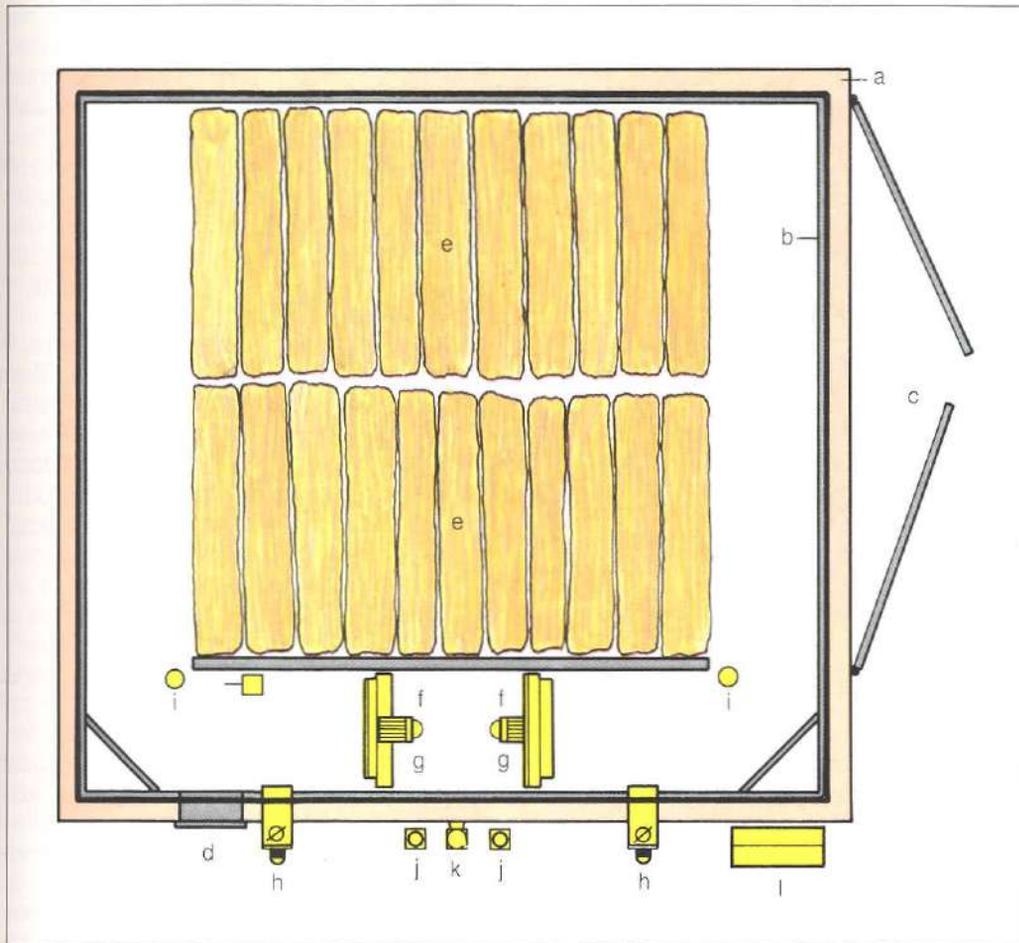


Figura 60

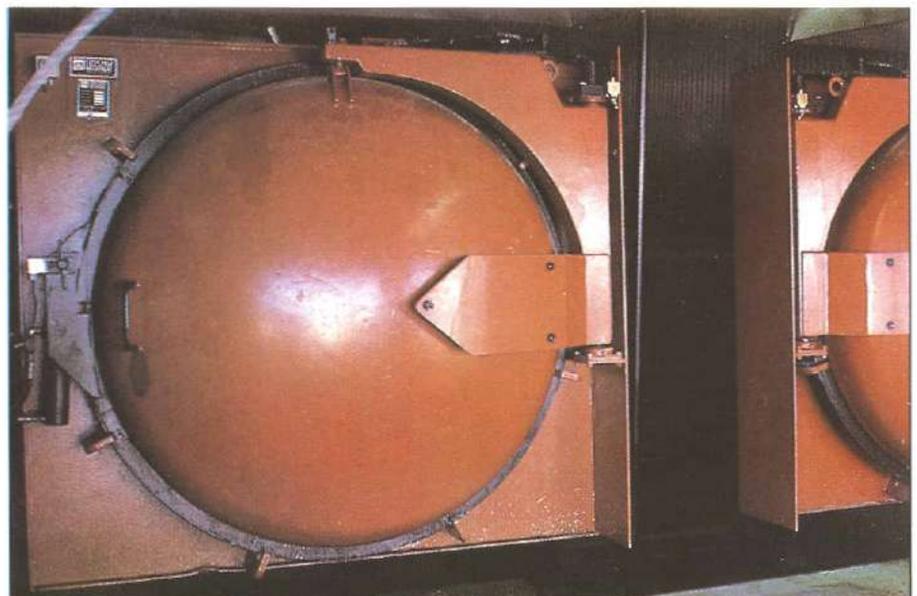
En términos generales un secadero está constituido por una o más cámaras, habitáculos o túneles por los cuales circula el aire a una temperatura y humedad controlada, y entre pilas de madera debidamente ordenadas. Constructivamente los muros pueden ser de albañilería, de 15 cm o más de espesor con revestimiento interior de poliuretano de 4 cm o más de espesor (figuras 57 y 58), sobre muro doble de ladrillo, que permite, por su porosidad y características térmicas, un adecuado ambiente de secado. Además el techo tabicado con ladrillos huecos no provoca la condensación, hecho muy importante para no aumentar la humedad ambiente.

Las cámaras también pueden estar construidas con sistemas prefabricados de paneles de aluminio con fibra de vidrio como aislante y placas de acero inoxidable interior (figura 59). En ambos casos, tanto la construcción en ladrillo como la metálica contarán con los siguientes elementos:

- a) Muros de la cámara en obra civil o construcción prefabricada.
- b) Aislamiento interior de 3 a 10 cm.
- c) Puertas de carga.
- d) Puerta de acceso a la recámara.
- e) Madera apilada.

- f) Ventiladores de reciclado, reversibles.
- g) Baterías de calefacción.
- h) Expulsión y toma de aire.
- i) Humidificadores.
- j) Válvulas de humidificación.
- k) Válvulas de calefacción.
- l) Pupitre con cuadro eléctrico, panel programador electrónico y/u ordenador (figura 60).

Secado artificial de maderas duras



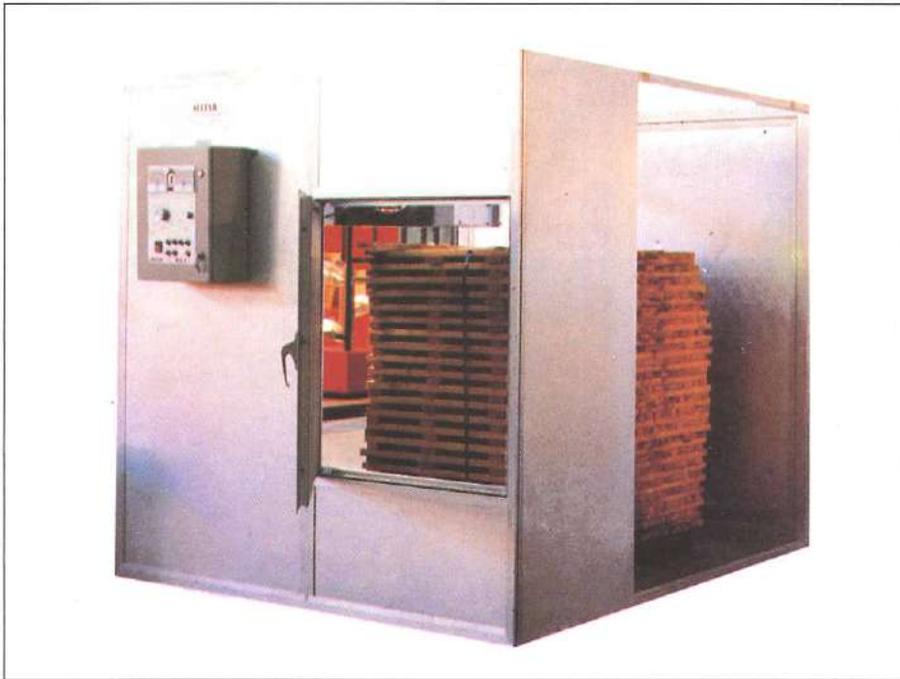


Figura 61

Este tipo de cámara puede trabajar con agua caliente, agua sobrecalentada, vapor o aceite térmico, produciendo un alto rendimiento de secado para toda especie de madera. El control y estabilizado de la madera se hace automáticamente por medio del panel electrónico (figura 61).

Proceso de secado al vapor de agua y aire caliente

Se trata de procedimientos muy usados en el secado de la madera. Una vez in-

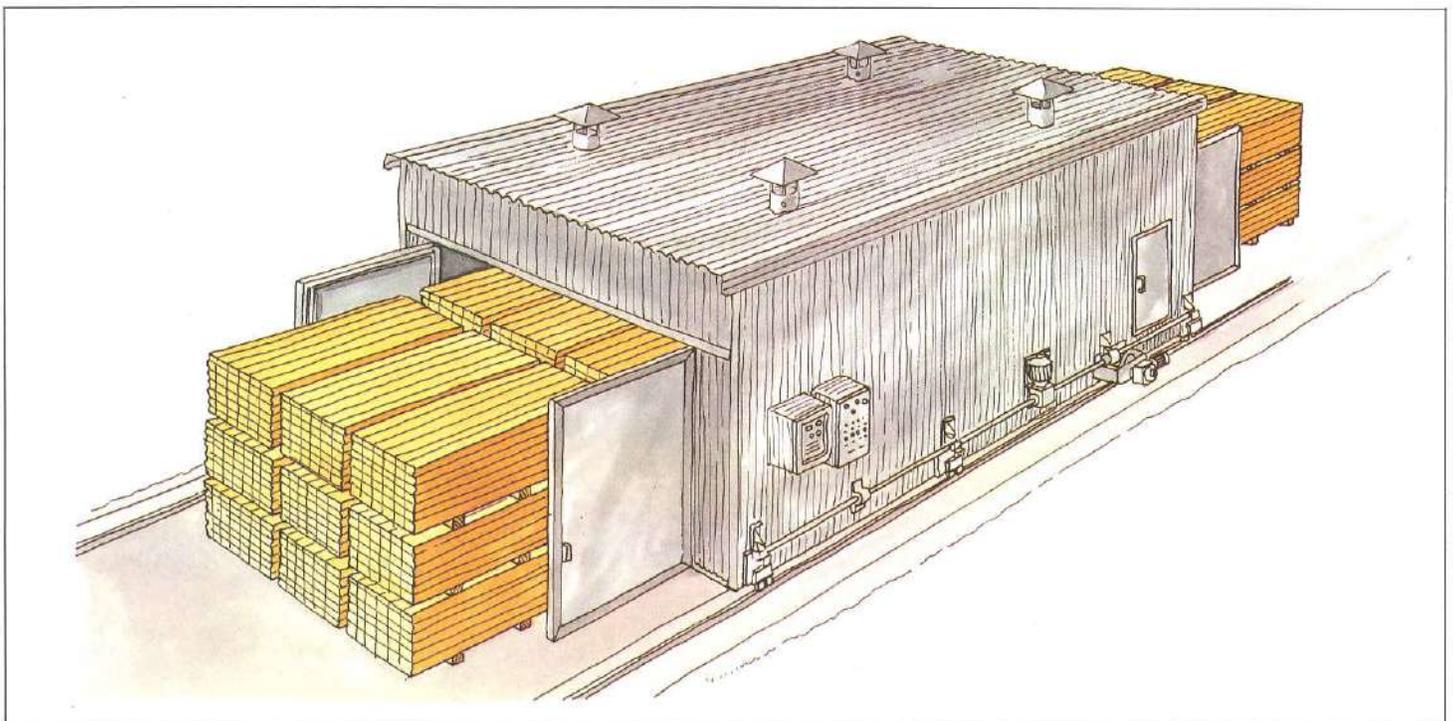
troducida la madera, para lo cual el secadero tendrá una dimensión de puertas adecuadas (figura 62), se le inyecta vapor de agua, ya que de esta manera es más fácil controlar la temperatura. Con aire caliente el proceso es más rápido pero se tiene que incrementar la temperatura para obtener los mismos resultados que con el vapor de agua, por lo cual se pueden producir problemas de fisuras y agrietamientos.

El vapor de agua ensancha los vasos, y así la savia se va disolviendo por el flujo de agua condensada, que va arrastrando hacia un depósito especialmente destinado para ello un líquido oscuro compuesto por glutina, resinas, gomas, almidón, sales, agua, ácidos, tanino y azúcar. De esta forma se cumple el ciclo, cuando un ventilador hace pasar el aire por un recipiente con agua fría, que hace que el aire húmedo que trae la savia disuelta pueda decantar en un depósito, y el resto sigue el ciclo al pasar por un fondo y ascender a través de un serpentín con vapor acuoso que permite generar vapor de agua para pasar nuevamente por las maderas apiladas (figura 63).

Lo importante del secado es que no se produzcan cambios bruscos, ya que si hay un golpe muy fuerte de calor, el exterior puede estar seco pero el interior no y así se pueden producir grietas, cortes o alabeos.

Para evitar esto habrá que hacer pruebas diariamente para controlar el nivel de humedad y su distribución, haciendo el siguiente ensayo: se eligen varias tablas distribuidas en la pila de forma repartida y se les quita unos 35 cm a sus cabezales,

Figura 62



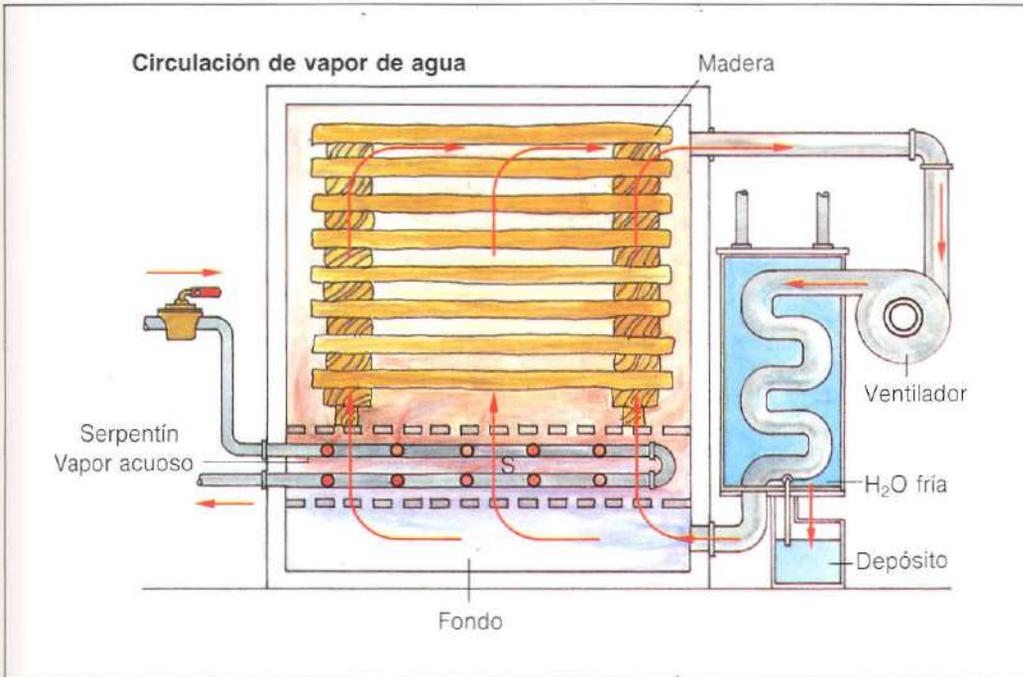


Figura 63

de tal manera que a estas piezas se les harán dos cortes de sierra longitudinal, y según el comportamiento de cada tabla se observará lo siguiente (figura 64):

- a) La humedad está repartida homogéneamente.
- b) Mayor humedad exterior que interior, por lo que se debe rebajar la humedad.
- c) Mayor humedad interior que exterior, por lo que hay que aumentar la proporción de vapor.

La duración del desaviado a vapor es de 18 horas a 20 horas por cada centímetro de espesor, y el grueso de las maderas no debe pasar de 15 cm.

El proceso terminará cuando el líquido de evacuación salga incoloro.

El procedimiento con aire caliente es muy parecido al de vapor de agua, ya que en vez de circular vapor circula aire caliente, llevándose la humedad al ser expulsado por uno o más ventiladores.

El esquema básico del funcionamiento (figura 65), consta de un controlador electrónico (a), un elemento de aireación y calefacción (b), un recuperador de calor (c), y un intercambiador de aire (d), que producen un reciclado de aire (e).

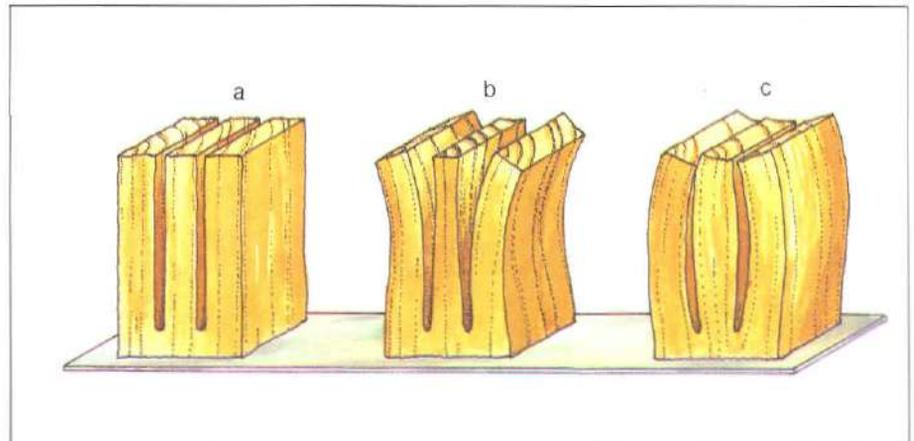


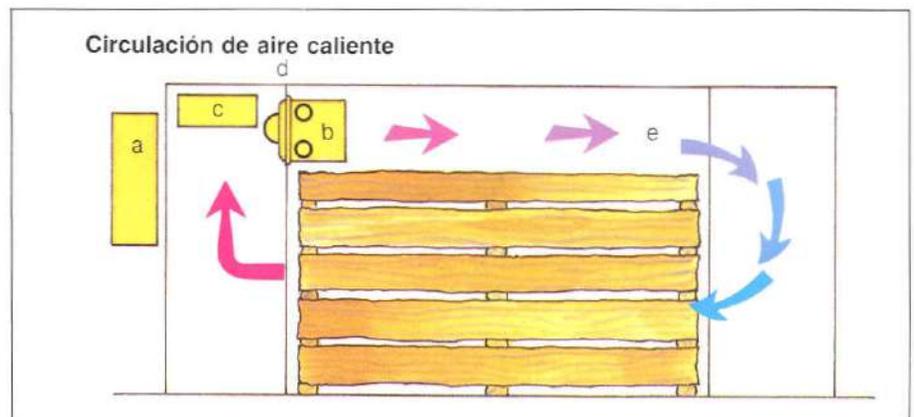
Figura 64

Las cámaras serán herméticas y permitirán temperaturas de 30 °C a 90 °C, lo que determina una semana por cada 2,5 centímetros de grueso, aumentando el tiempo proporcionalmente al espesor de la madera. El tiempo medio de secado por aire caliente durante 12 horas al día es el que se indica en el cuadro V.

Figura 65

Cuadro V

Espesor de las piezas en cm	Duración del secado por semana
2,5 cm	1 semana
5,0 cm	2 semanas
7,5 cm	3 semanas
10,0 cm	4 semanas
15,0 cm	7 semanas
20,0 cm	10 semanas



Biblioteca Atrium de la Carpintería - 1

Otro factor importante es la velocidad de circulación del aire, que estará en función del tipo de madera que se quiera secar y la temperatura del flujo (cuadro VI).

Por ello es muy importante que se mantenga un flujo de aire constante y a la velocidad deseada, por lo que se cuenta con ventiladores con hélices de aluminio fundido de diseño aerodinámico especialmente manufacturados para esta función (figura 66).

Los quemadores para serrín y viruta, aplicables a calderas que producirán el calor necesario para que el aire sirva en el proceso de secado, serán de suma importancia, ya que podrán generar potencias desde 60.000 hasta 2.000.000 de calorías/hora (figura 67).

Los secadores prefabricados permiten una rápida instalación en cualquier superficie plana, siempre y cuando se tomen las medidas para asegurar el buen funcionamiento de los módulos a la intemperie (figura 68). Otra de las ventajas del sistema prefabricado de aluminio y acero inoxidable es que el volumen útil es de gran capacidad si lo comparamos con el volumen de instalación (figura 69).

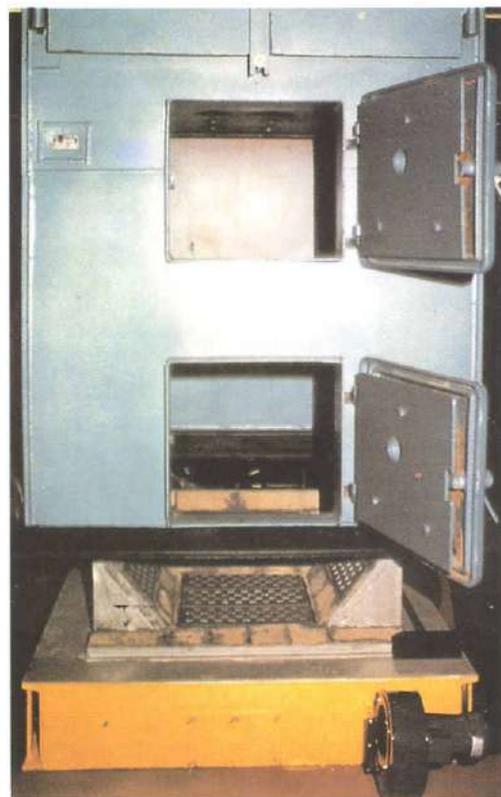


Figura 67



Figura 66

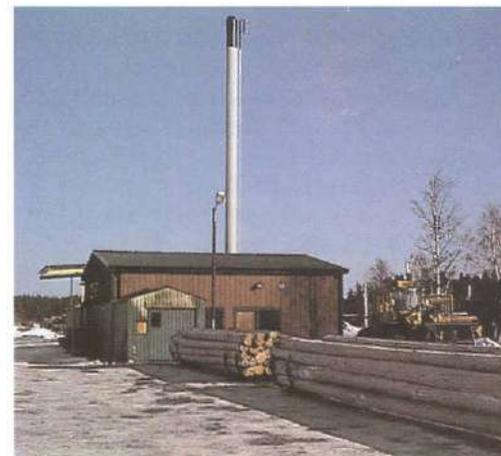
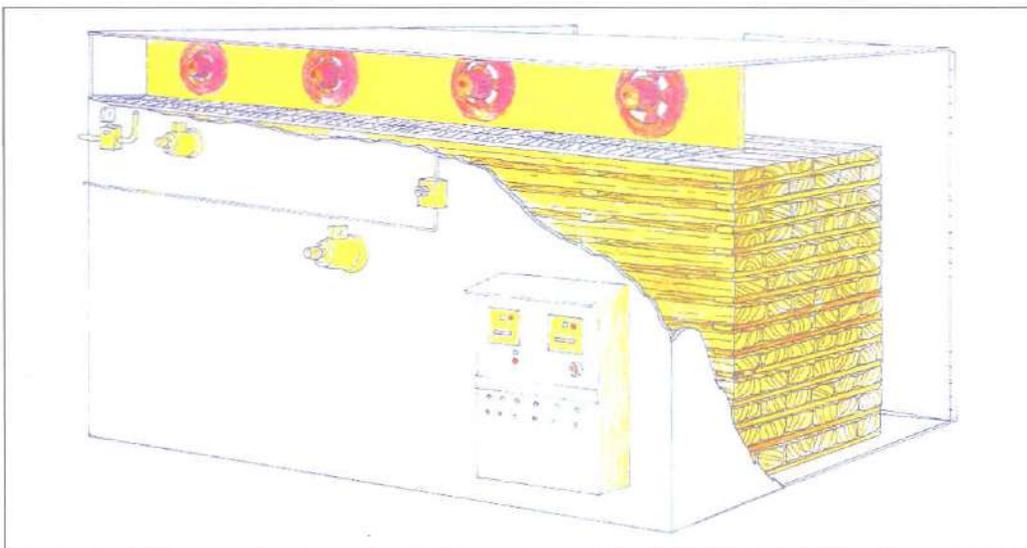


Figura 68

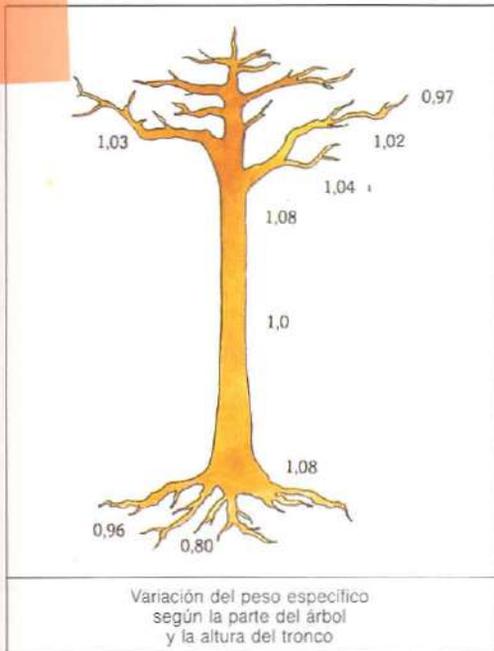
Figura 69

Cuadro VI

Velocidad en m/sg
0,6 → 0,9
0,7 → 1,5
1,3 → 3,0
Temperatura en °C
30° → 60°
30° → 60°
35° → 75°
Tipo de madera
Maderas duras
Maderas medias
Maderas blandas resinosas



2 Propiedades físicas de la madera



GENERALIDADES

Es importante saber, para quien desee usar un tipo de madera, cuáles son las propiedades a las que estará sometida la pieza según cuál sea la función que vaya a desempeñar.

La característica fundamental de la madera como materia transformada es la de ser anisótropa e higroscópica. Es anisótropa porque sus propiedades físicas y en especial sus características mecánicas dependen de la dirección del esfuerzo o trabajo en relación con sus fibras, las que se ordenarán principalmente de forma axial: paralela al eje de crecimiento del árbol; radial: perpendicular a la primera y cortando el eje del árbol; tangencial: normal a las dos anteriores (figura 70); y es higroscópica porque, aparte del agua que contiene por su propia constitución, ésta podrá aumentar o disminuir según la humedad ambiente (figura 71).

Esta propiedad hace que la madera constantemente se contraiga o se hinche, por lo que su proporción de agua (especialmente en una madera joven y verde) tendrá una diferencia con una madera seca, aun de la misma especie, como se detalla en el cuadro VII.

De esta diferencia se puede sacar un promedio por especie, y así poder saber el porcentaje de agua que pueden contener las maderas según sean blandas, semiblandas o duras (cuadro VIII).

Es evidente que todas las propiedades físicas y mecánicas de la madera estarán definidas por el porcentaje de contrac-

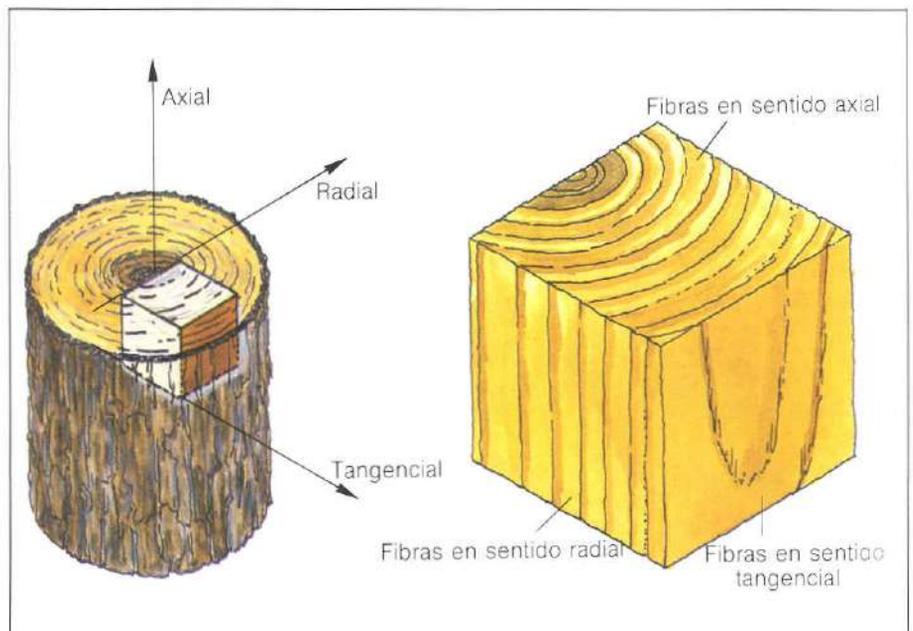


Figura 70

Cuadro VII

	Poco mojada	Muy mojada
Abedul	85,1	98,7
Abeto	97,4	99,3
Alcornoque	93,9	103,8
Alerce	69,4	92,4
Aliso	80,9	99,4
Chopo	75,8	95,6
Encina	88,5	106,2
Fresno	77,8	96,7
Haya roja	85,2	110,9
Pino	81,1	100,5
Tejo	89,4	99,4
Tilo	71,0	87,8

Las unidades corresponden al % del porcentaje hipotético de comparación.



Figura 71

Porcentaje	
1º Haya blanca	18,60 %
2º Arce	27 %
3º Fresno	28,70 %
4º Abedul	30,80 %
5º Encina	35,40 %
6º Tejo	37,10 %
7º Pino	39,70 %
8º Haya roja	39,70 %
9º Aliso	41,60 %
10º Álamo	43,70 %
11º Olmo	44,50 %
12º Abeto	45,50 %
13º Tilo	47,10 %
14º Alerce	48,60 %
15º Sauce	50,60 %
Por término medio las maderas contienen un porcentaje de agua de:	
Madera semiblanda de bosque	49
Madera dura	37
Madera blanda o conifera	59

Cuadro VIII

ción o hinchamiento en que se encuentre.

Cada especie tendrá un comportamiento particular de sus fibras de acuerdo con el porcentaje de agua en relación con su peso específico (*cuadro IX*).

Las propiedades físicas y mecánicas de la madera, para ser comparadas y evaluadas, estarán en función de un grado de humedad determinado que será del 12 %, según dictamen de la Conferencia Internacional de Ginebra.

No podemos olvidar que aunque la madera es de origen orgánico, es especialmente estable, no obstante, constituye por su propia naturaleza la base de la alimentación de organismos vivos, especialmente hongos e insectos xilófagos, que originan la degradación de su estructura interna con su consecuente pérdida de resistencia.

Propiedades físicas

Además de las dos propiedades físicas anteriormente descritas se pueden agregar las siguientes:

Cuadro IX

Madera	Porcentaje de agua en relación con su peso específico	Porcentaje de contracción		Porcentaje de hinchamiento	
		paralelo fibras	normal fibras	paralelo fibras	normal fibras
Abeto	40	0,10	6	0,10	8
Alerce	25	0,07	6	0,07	6
Aliso	45	0,40	5	0,30	4
Encina	30	0,35	7,5	0,40	7
Haya	30	0,25	8	0,20	9
Pino	40	0,10	4	0,10	6
Roble	35	0,12	6	0,20	8

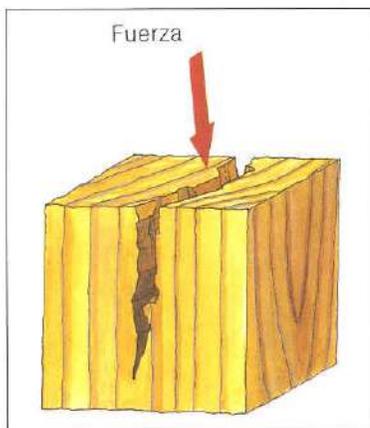
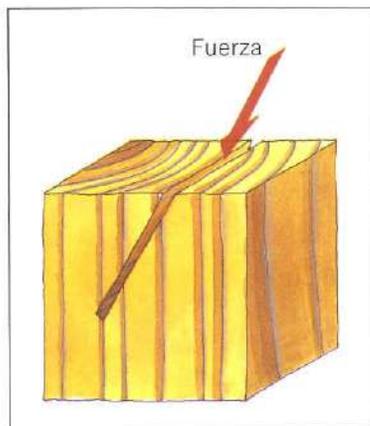


Figura 72

Figura 73



—La hendibilidad, consistente en la facilidad que tiene la madera en partirse o rajarse en el sentido de la fibra, ya que una cuña o un hacha podrá fácilmente separar y vencer la fuerza de cohesión de las fibras axiales. La resistencia será aún menor si la madera es de fibra larga y carece de nudos; si está verde, la hendibilidad también aumentará (*figura 72*).

—Dureza o resistencia al corte, que dependerá de la mayor o menor cohesión anisótropa de cada madera y de cada parte de la misma pieza de madera, ya que, por ejemplo, una zona de nudos tendrá una mayor cohesión de fibras que una pieza limpia.

Esta propiedad se diferencia de la anterior en que la hendibilidad se produce por presión que separa, mientras que la dureza estará en función del corte de las fibras por una cuña de acero afilada o un formón, gubia y la hoja de un cepillo. La hoja de la sierra más que cortar arranca fibras. La dureza está en directa relación con la mayor cantidad de fibras y la menor cantidad de agua. Además, en un mismo tronco el duramen y el corazón serán más duros que la albura (*figura 73*). Tal

como puede observarse en el *cuadro X*, las maderas se pueden clasificar según la dureza.

—Flexibilidad es la propiedad que tienen algunas maderas, especialmente la madera joven verde y húmeda, para ser curvadas en el sentido de su longitud sin romperse ni deformarse, ya que tendrán que ser elásticas para recuperar su forma primitiva cuando haya cesado la fuerza que las presionó (*figura 74*), como puede ser el viento: cuanto más alto sea el árbol, más expuesto estará a la flexión. Algunos árboles, como el fresno, el olmo, el abeto, el pino y el eucalipto, son flexibles, especialmente si son jóvenes (*figura 75*).

—Densidad o peso específico: se define como la relación entre el peso de la muestra y su volumen, medidos con el mismo grado de humedad, y está definido por la siguiente expresión:

$$P_e = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen}}$$

Esta relación viene expresada en kilos partidos por decímetro cúbico, o en toneladas partidas por metro cúbico.

En la madera hay que distinguir la densidad absoluta de la aparente, ya que esta última comprende vasos y poros, lo que la hace muy variable, pues depende del grado de humedad de la madera.

Por otra parte, es importante tener en cuenta que dentro de una misma especie

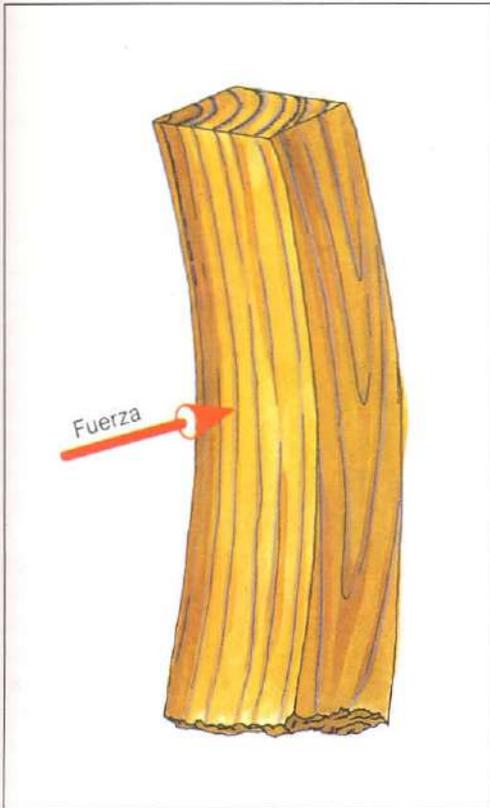


Figura 75

la densidad aparente no es constante, y que incluso en un mismo árbol existen diferencias acusadas según la zona de procedencia de la muestra. Esta heterogeneidad es mucho menos acusada en las maderas tropicales por carecer de anillos de crecimiento.

—La retractibilidad o contracción: cuando la madera se seca, aunque siempre conserva entre un 15 y un 20 % de agua, proporción que disminuye por evaporación del volumen de las células, siempre experimenta la contracción; en cambio, cuando el grado de humedad de la madera es inferior al que existe en el ambiente, la madera absorbe agua y así las células aumentan de volumen provocándose en consecuencia la hinchazón.

Figura 74



Cuadro X

Clasificación de la dureza	Tipo de árbol
Durísimas	Ébano, encina, luma
Duras	Cerezo, arce, olmo, roble
Semiduras	Haya, nogal, castaño, abedul, peral
Blandas	Abeto, aliso, pino
Muy blandas	Pino, chopo, tilo, sauce, balsa

La retractibilidad de las fibras jóvenes y de la madera blanda es mayor.

Un árbol en pleno desarrollo puede llegar a tener entre un 50 y un 70 % de humedad, proporción que disminuye a un 10 o un 12 % con los sistemas artificiales de secado.

La madera se contraerá en tres direcciones: a) en dirección del eje longitudinal de las células se contrae en un 0,03 %, lo que lo hace despreciable; b) en dirección de los radios medulares la contracción es de un 5 %; c) en dirección de los radios anuales se produce la contracción de mayor importancia, ya que puede alcanzar un 10 % (*figura 76*).

—Homogeneidad: cuando la estructura y la composición de las fibras de una madera se presentan de manera uniforme en

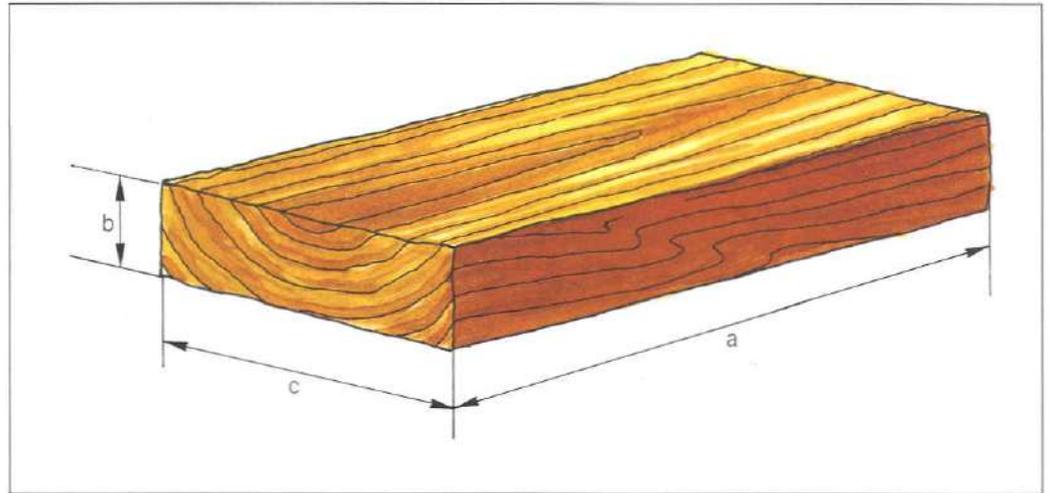


Figura 76

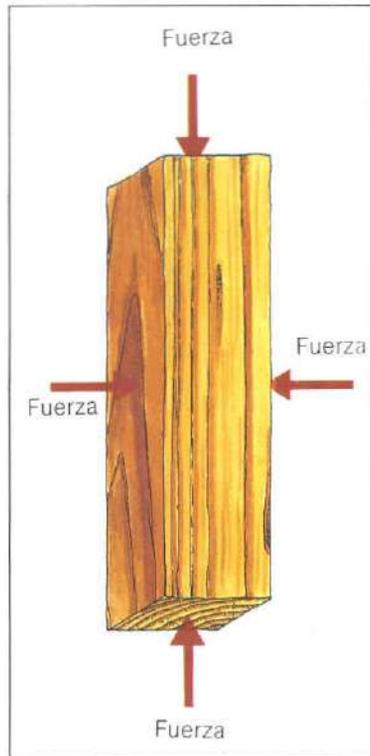
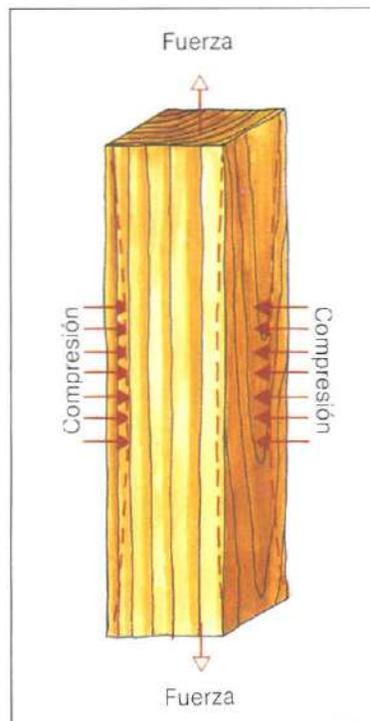


Figura 77

Figura 78



cada una de sus partes se dirá que esa madera es homogénea. Son poco homogéneas las maderas con radios medulares muy desarrollados, como la encina y el fresno, siendo más homogéneas la mayoría de las maderas provenientes del trópico, donde las condiciones climáticas de humedad varían muy poco, por lo que tienen un crecimiento prácticamente constante.

Conductibilidad: lógicamente, la humedad en la madera la hará más conductiva de electricidad y también de calor. Y es mayor la conductibilidad en las maderas densas que las porosas, y mayor en el sentido longitudinal de las fibras que en los sentidos radial y tangencial.

Propiedades físico-mecánicas

Debido a la anisotropía de la madera, la orientación de los esfuerzos con relación a las fibras, el grado de humedad de la madera, el modo de aplicación de las cargas y la cantidad de nudos y otros defectos se pueden llegar a determinar las siguientes propiedades físico-mecánicas:

—Resistencia a la compresión: se produce cuando la madera está sometida a una fuerza que tiende a aplastar las fibras en un sentido axial o en un sentido perpendicular a ellas. La resistencia será mayor en el primer caso.

La humedad tiene una gran importancia para la determinación de la resistencia a la compresión. Así pues, es bastante común que descienda a la mitad al pasar del grado de humedad normal al del punto de saturación de las fibras (figura 77).

—Resistencia a la tracción: se da cuando dos fuerzas de signo contrario tienden a romper la pieza de madera, alargando su longitud y reduciendo su sección transversal (figura 78).

—Resistencia a la flexión: es el trabajo impuesto a una pieza cualquiera que se coloca sobre dos apoyos y que está sometida a un peso en uno o varios puntos de su longitud (figura 79).

—Resistencia al cizallamiento o cortadura: es la acción de fuerzas paralelas que tienden a cortar la sección transversal de la madera, que se enfrentan a la oposición de moléculas de una pieza determinada (figura 80).

—Resistencia a la torsión: es la resistencia que opone una pieza, fija en uno de sus extremos, a la deformación producida por un giro normal a su eje que obra con un brazo de palanca en su extremo libre (figura 81).

—Resistencia al pandeo: este esfuerzo se produce en un cuerpo cuando las fuerzas externas tienden a cortarlo en el sentido de su longitud, siendo esta longitud grande en relación con la anchura o sección del cuerpo, con lo cual tiene entonces tendencia a doblarse (figura 82).

Propiedades físico-químicas

Desde un punto de vista constructivo, podemos entender la madera como una estructura esencialmente tubular, en que sus ejes y fibras principales siguen mayoritariamente la dirección del eje del árbol, mientras que las fibras radiales y tangenciales sirven para amarrar a las primeras (figura 83).

Cada uno de estos tubos, que no son sino células de madera, tiene las paredes constituidas por dos sustancias capitales como son la lignina, sustancia amorfa y resistente a la compresión que contiene, enrollada helicoidalmente de una forma alternativa en la pared del tubo, la celulosa, material de gran resistencia a la tracción (figura 84).

Propiedades físicas de la madera

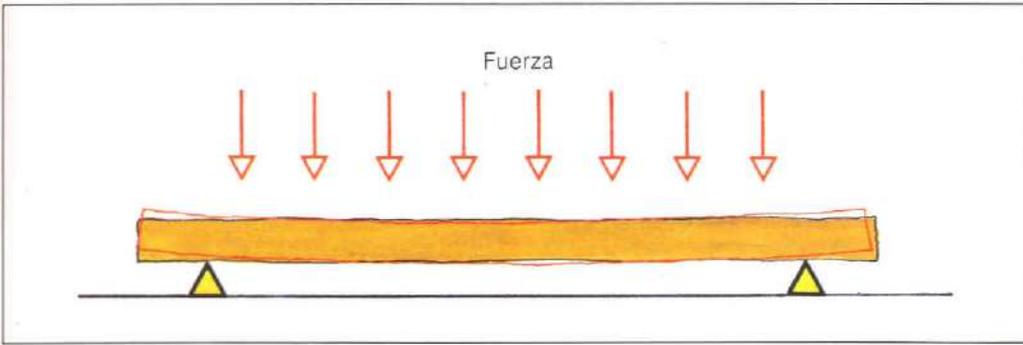


Figura 79

Figura 80

Figura 82

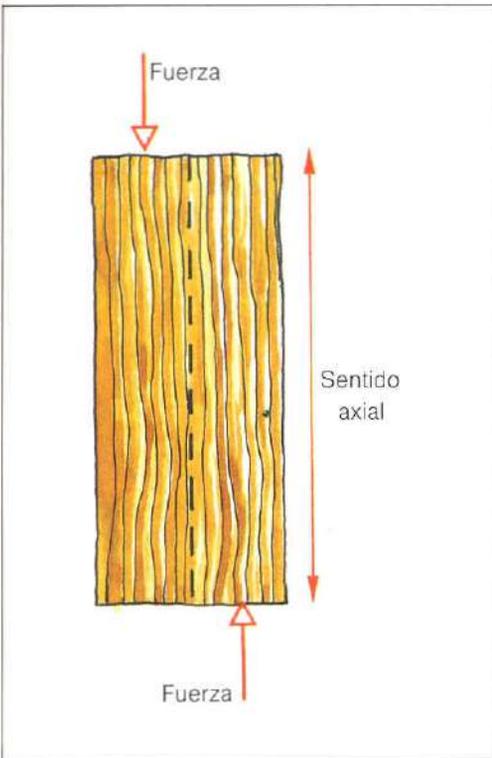


Figura 81

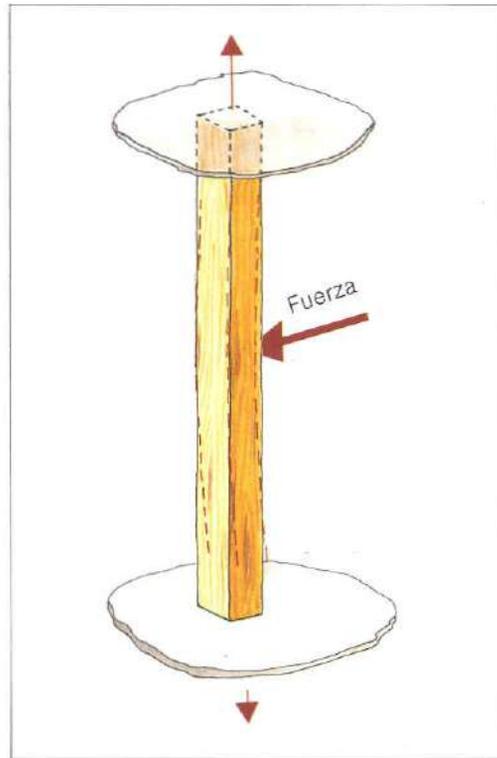


Figura 83

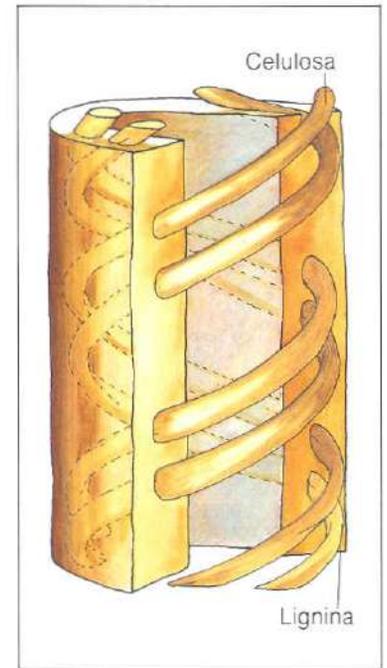
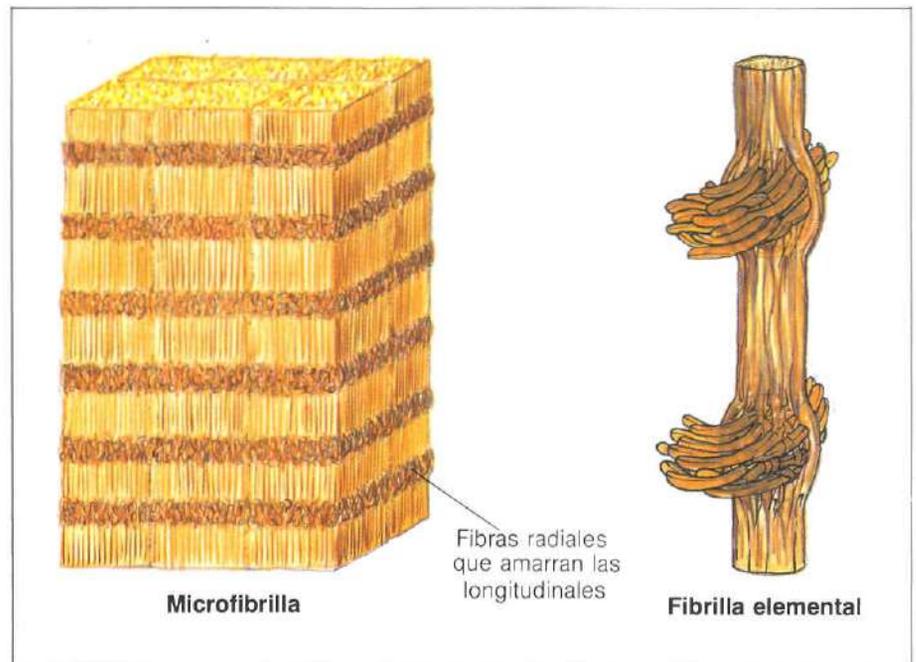
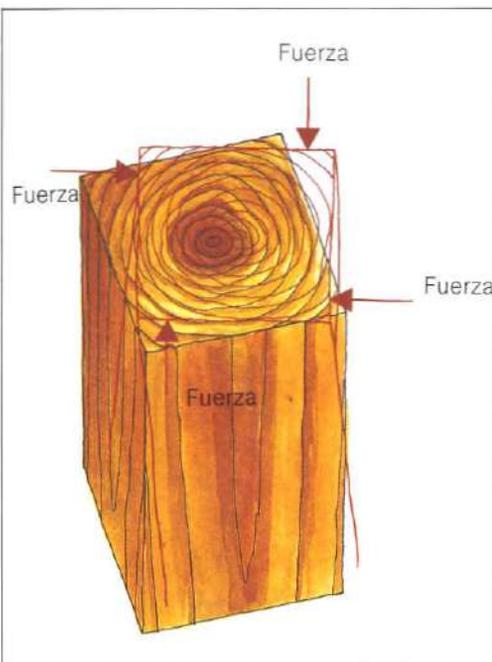


Figura 84



Biblioteca Atrium de la Carpintería - 1

Estos son los dos elementos tubulares, estructuras huecas de gran resistencia, que componen la madera.

El porcentaje de espacios huecos en la madera variará según la especie, ya que, por ejemplo, el roble tendrá un 58 %, el pino un 67 % y la madera de balsa un 90 % de espacios huecos.

Si hacemos un análisis general de los componentes químicos que constituyen la madera nos encontraremos con las proporciones que aparecen consignadas en el *cuadro XI*.

Principales componentes químicos de la madera	Porcentaje de ocupación en el árbol
Celulosa	50 %
Lignina	30 %
Productos orgánicos (materias de reserva y de secreción)	20 %

Cuadro XI

Materia	K
Álamo	0,220
Pino	0,250
Cedro	0,265
Nogal	0,276
Caoba	0,370
Serrín de madera	0,062
Carbón vegetal	0,080
Corcho	0,033
Algodón	0,012
Lana	0,017
Seda	0,022
Amianto	0,153
Fibrocemento	0,45
Vidrio	0,55
Ladrillo	0,648
Mármol	0,90
Plomo	30,00
Hierro	40,00
Hormigón	0,490

Cuadro XII

Propiedades particulares

Existen dos propiedades especiales que están en estrecha relación con la utilización de la madera en el ámbito de la

Cuadro XIII

Especies	Hinchazón Contrac. %			Dureza Brinell		Compresión		Flexión estática kg/cm ²
	tang.	rad.	vol.	kg/mm ²		kg/cm ²		
Piceas	7,8	3,8	12,3	3,2	1,3	370	40	700
Abetos	7,3	3,5	11,4	4,2	1,5	300	35	580
Pinos	6,8	3,7	10,7	4,4	2,0	380	55	780
Alerces	7,6	3,7	12,1	5,5	2,3	410	61	960
Tejos	5,3	3,7	8,4	7,1	3,1	580	—	—
Cedro rojo	5,0	2,4	7,7	2,5	1,0	290	36	480
Pino de Oregón	7,8	5,0	13,5	4,0	1,7	430	50	720

construcción, ya que térmica y acústicamente la madera es un excelente material. Hay que agregar otra propiedad, que es apreciada en aquellos lugares donde existe actividad telúrica, ya que por las cualidades físico-mecánicas anteriormente descritas la madera se convierte en el mejor material antisísmico en construcciones de baja altura.

PROPIEDADES ACÚSTICAS

La onda sonora, transmitida por el aire y causada por la vibración de un cuerpo al chocar con una placa de madera, puede producir dos efectos opuestos: uno es que por la constitución de maderas como el fresno, el arce, el cedro, la picea, el ébano y el abeto se obtiene un refuerzo del sonido, por cuyo motivo con estas maderas se suelen hacer cajas acústicas. El otro efecto es el obtenido con maderas que absorben el sonido, actuando de aislante acústico.

PROPIEDADES TÉRMICAS

La madera es un buen aislante térmico gracias a la discontinuidad de su materia y a la cantidad de aire que contiene en su interior. Por eso, el corcho es un gran aislante.

Las maderas ligeras, blandas y con mucha porosidad son las más aislantes del calor, y las duras, densas y compactas, las menos aislantes.

En el *cuadro XII* se puede ver una comparación térmica entre algunas maderas y otros materiales, siendo el coeficiente K equivalente a la cantidad de calor que atraviesa un espesor de un metro cúbico de los materiales que se citan, durante una hora y con una diferencia de temperatura de 1 °C entre ambas superficies del material.

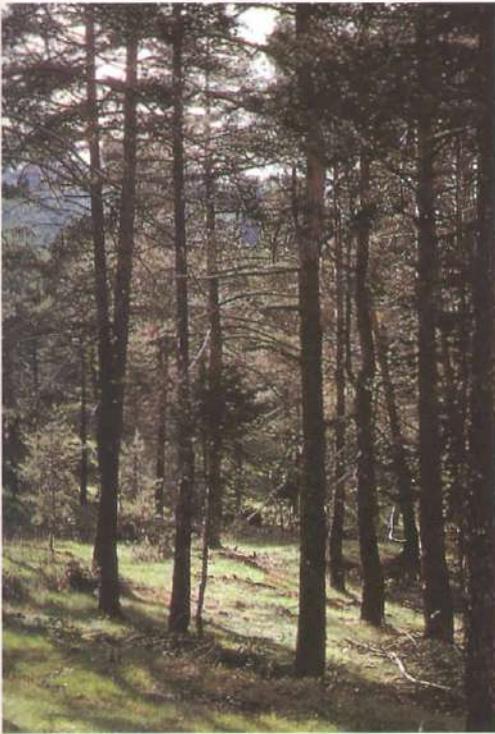


Figura 85

Como puede observarse en este cuadro, la madera es el peor conductor de calor, sin embargo, si hay inflamación se convertirá en un buen combustible.

CLASES DE MADERA

Dentro de los grandes bosques que existen en la Tierra hay una infinita variedad de especies, formas y dimensiones que caracterizan los árboles y arbustos. Las características de cada uno estarán determinadas por factores como la temperatura, ya que no puede existir una planta o árbol que se desarrolle en temperaturas inferiores a 0 °C ni superiores a los 55 °C. La humedad es otro factor importante, ya que el agua es fundamental para el crecimiento de un árbol, y sus raíces tendrán que contar con reservas de agua en el subsuelo y una cierta periodicidad de lluvias que las mantengan. El viento también será un factor determinante, porque si es fuerte, especialmente si la humedad atmosférica es escasa y la altura del árbol considerable, se puede correr el riesgo de que por evaporación excesiva a través de las hojas el árbol pueda morir.

Es así como solamente habrá un medio adecuado para que cada especie de árbol crezca si las lluvias son suficientes y el clima permite que la vegetación no entre en un período de reposo a causa del frío o de deshidratación por el calor.

Por lo que respecta a las especies de árboles maderables de grandes posibili-



Figura 86

dades técnico-económicas, tenemos dos grupos fundamentales:

- a) coníferas o gimnospermas (crecimiento volumétrico, *figura 85*),
- b) frondosas o angiospermas (crecimiento lineal, *figura 86*).

La madera de conífera o resinosa

Se caracteriza porque los elementos tubulares que conforman su estructura celular pertenecen en un porcentaje del 80 % al 90 % a un mismo tipo, las traqueidas. Como consecuencia, esta madera es de estructura muy homogénea y consti-

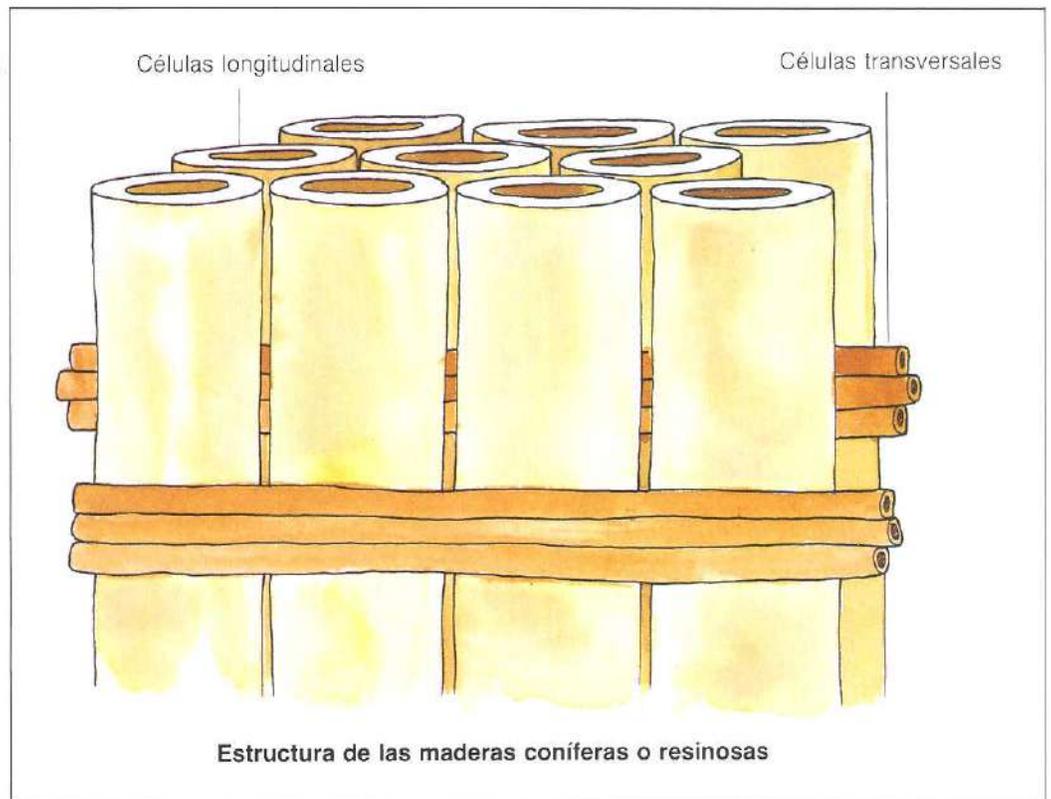


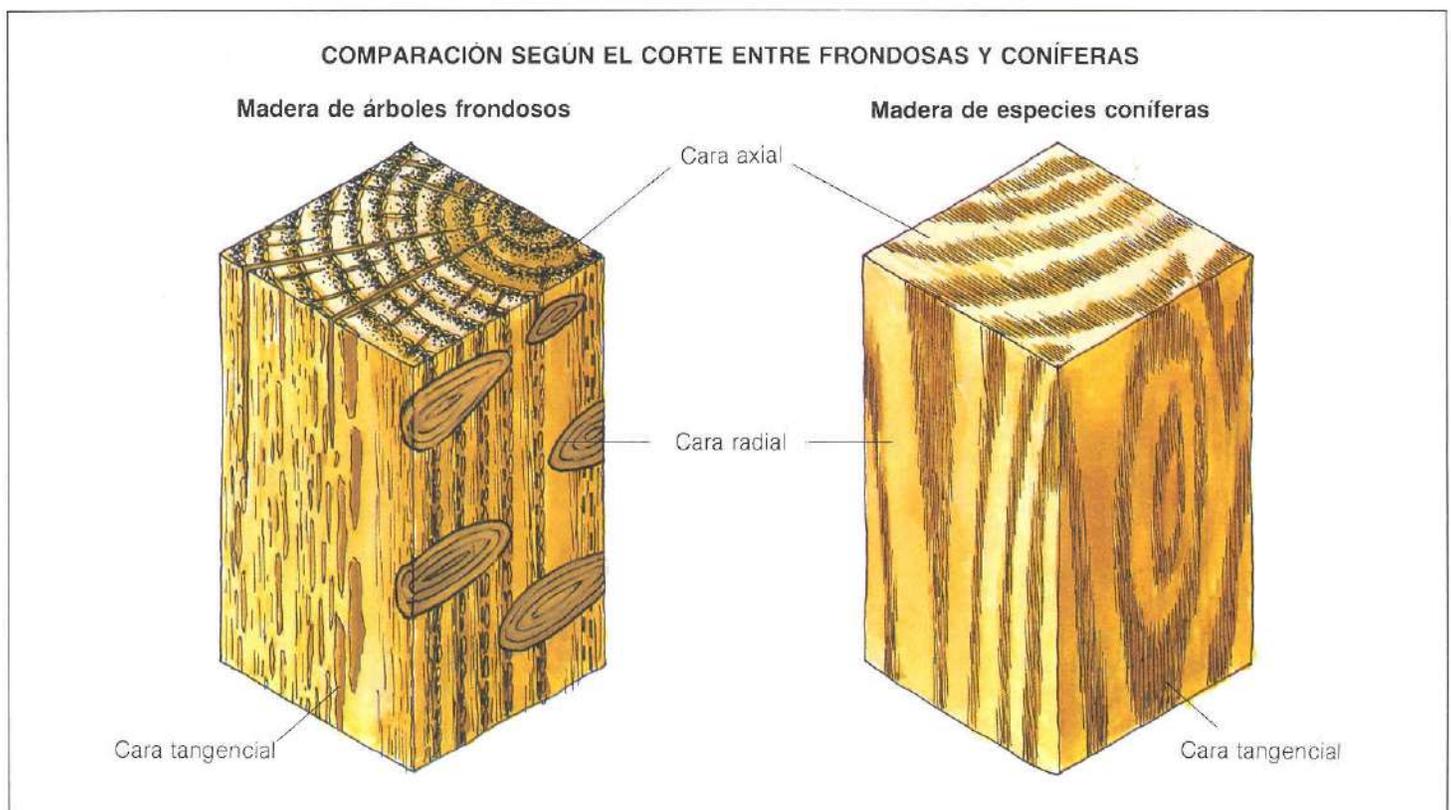
Figura 87

tuye asimismo un material clásico de construcción desde un punto de vista estático (figura 87).

En general, frente a un corte radial o tangencial de alguna madera, podremos reconocer que en el trozo de madera resinosa faltarán aquellas células que en las maderas frondosas son poros (figura 88).

Este tipo de maderas, por lo general, son ligeras y blandas, siendo una de sus características el hecho de mostrar, en un corte transversal, la zona más ancha y oscura de la madera tardía de los anillos de crecimiento alternada con las más estrechas y claras de la madera primeriza (figura 89).

Figura 88



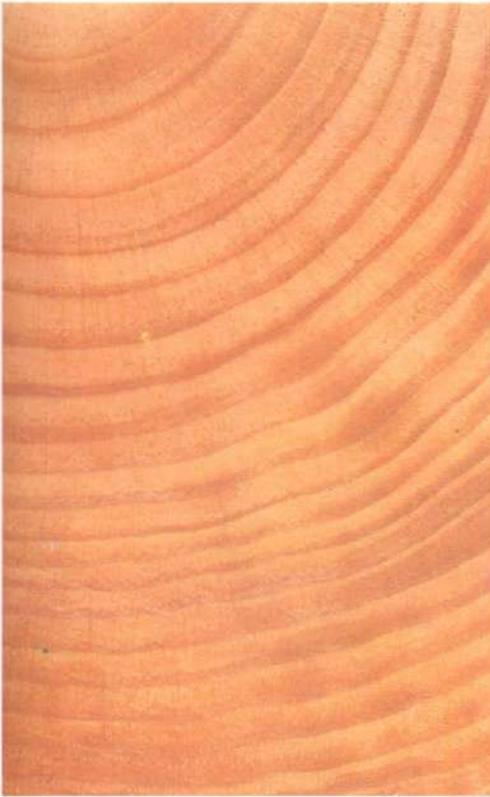


Figura 89

canzan en zonas frío-templadas, donde se asienta la mayor parte de la población económicamente desarrollada, lo cual determina su buena industrialización y tratamiento, frente a una gran demanda. Y, por último, su estructura homogénea y hendible hace de este tipo de madera la materia de más fácil uso en un amplio espectro de utilizaciones.

Maderas frondosas

Al contrario de las resinosas, los elementos tubulares que constituyen las maderas frondosas son de variadas dimensiones, formas y características estructurales, siendo las frondosas dicotiledóneas las menos variables en su estructura y las más factibles de comercializar. Estas maderas tienen células de paredes gruesas, con pocos y pequeños espacios huecos, lo que las hace más densas y pesadas que las coníferas, ya que su tejido leñoso es más compacto (figura 92).

Si analizamos un trozo de madera resinosa por su cara radial, nos encontraremos con vetas paralelas de ancho casi igual, si no hay nudos que lo alteren. La sección tangencial sería la cara más hermosa, ya que está constituida por dibujos ondulantes que crecen hacia el centro de la cara y que se denominan coloquialmente aguas de la madera (figura 90).

Dentro de la denominación de coníferas están los siguientes grupos comerciales: piceas, abetos, pinos, tejos, alerces y cipreses, cuyas principales características físico-mecánicas se detallan en el cuadro XIII (pág. 44).

Otra característica de las coníferas es que durante todo el año conservan sus hojas y su verdor, por lo que su proceso de crecimiento, aunque disminuye en invierno, no se detiene (figura 91).

Existen unas 650 especies de coníferas, repartidas entre 50 géneros que, a su vez, se agrupan en ocho familias, las cuales se ubican en su mayoría en las zonas frías del planeta, alcanzando alturas que pueden llegar a sobrepasar fácilmente los 100 m, por lo que se convierten en las plantas de mayor altura existentes.

Desde un punto de vista económico, las coníferas son importantes por ser vegetales gregarios, que tienden a cubrir grandes extensiones con especies puras. Además, en su desarrollo sitúan la ramificación en una corona de ramas que dejan un tronco limpio y de fácil transporte comercial; su máximo crecimiento lo al-



Figura 90

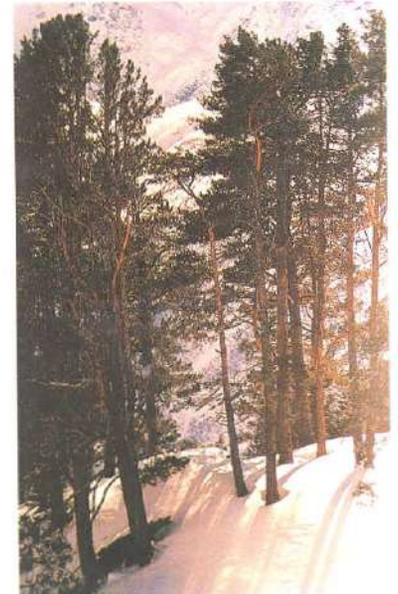
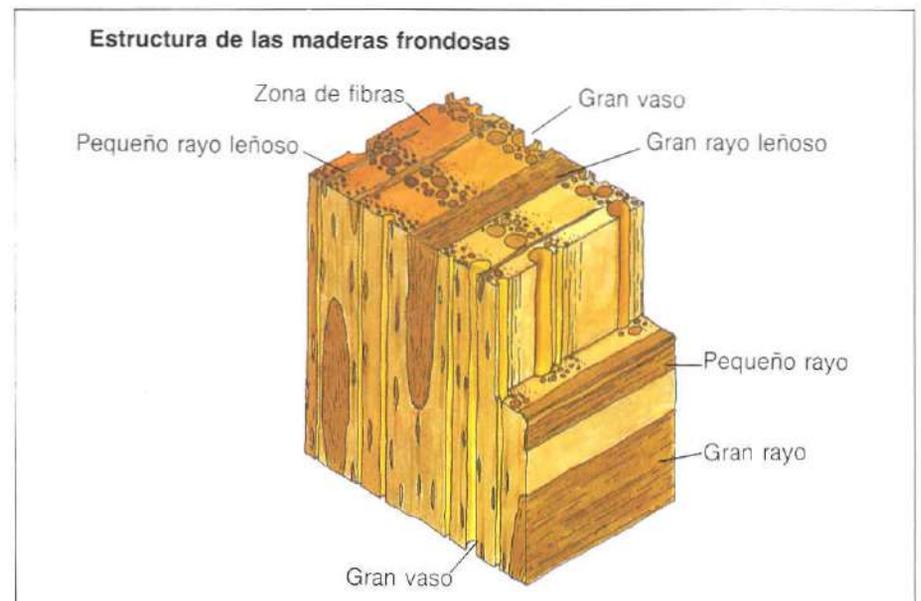


Figura 91

Figura 92



Biblioteca Atrium de la Carpintería - 1

Especies	Hinchazón Contrac.			Dureza Brinell		Compresión		Flexión estática kg/cm ²
	tang.	% rad.	vol.	kg/mm ²		kg/cm ²		
Balsa	5,2	1,7	7,2	1,1	0,3	95	—	195
Ácers	8,4	4,1	11,3	5,5	2,8	450	70	1.090
Abedules	8,3	6,3	15,5	6,5	2,8	460	85	1.110
Hayas	11,0	5,2	16,3	6,2	2,7	480	105	1.050
Robles	7,3	3,9	12,6	6,3	3,4	480	96	847
Alisos	9,5	4,5	14,1	3,7	1,5	475	65	970
Fresnos	8,3	5,1	13,4	6,4	3,4	455	96	985
Tilos	9,1	5,5	14,4	4,2	1,9	455	18	910
Caobas (Fal.)	5,7	4,1	10,5	3,3	1,4	425	60	830
Caobas	4,9	3,3	8,0	4,1	2,1	450	75	940
Nogales	5,9	4,6	11,8	4,3	2,3	436	75	860
Nogales trop. Frutales	6,0	3,3	11,4	3,7	1,8	370	—	720
Peral y cerezo	9,8	5,1	16,2	5,8	3,0	450	—	800
Chopos	8,5	3,9	13,3	2,5	1,6	340	25	510
Olmos	8,9	4,5	14,2	5,6	2,8	410	87	720
Sauces	8,2	2,9	11,6	3,3	1,6	315	35	310
Eucaliptos	10,5	6,6	15,8	7,3	3,9	580	—	1.070
Robles duros	9,9	6,1	17,3	7,8	4,3	510	70	900
Palisandros	—	—	—	7,9	4,5	600	—	—
Ébanos	12,8	8,2	22,4	15,2	8,9	725	—	—

Cuadro XIV

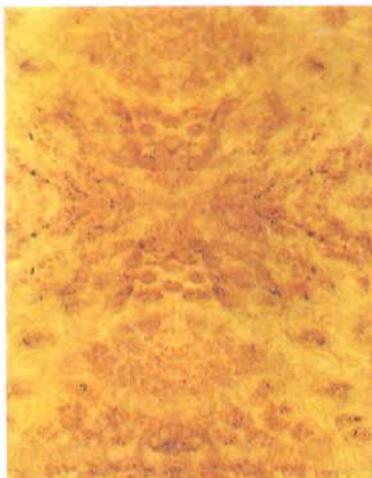
	Coníferas	Frondosas
Flexión estática kg/cm ²	130	140
Compresión en sentido de la fibra en kg/cm ²	110	120
Compresión perpendicular a la fibra en kg/cm ²	20	30
Esfuerzo cortante en la dirección de la fibra kg/cm ²	9	12

Cuadro XV

Figura 94



Figura 93



Si vemos una pieza aserrada de madera frondosa por su cara axial, nos encontraremos con un conjunto de anillos de crecimiento formados por coronas anulares de vasos o poros, surcados por líneas normales constituidas por los radios medulares. En la cara de la sección radial, los anillos de crecimiento aparecen continuos y nacarados, llamados mallas o espejuelos, de aspecto muy hermoso (figura 93); la sección tangencial, inversamente a las coníferas, es la más pobre en apariencia. La complejidad de estructura de las maderas frondosas influye mucho en su aspecto exterior y su valor decorativo, como en sus nudos, su brillo y veteado. Este hecho también influye en las propiedades físico-mecánicas íntimamente vinculadas a su densidad, por lo que su clasificación se hará teniendo este aspecto como fundamento (cuadro XIV).

Estos valores medios son orientativos, sobre todo para establecer tensiones límites en estructura de obra. Las tensiones básicas para los dos grupos principales en que hemos dividido los árboles son las mostradas en el cuadro XV.

Hoy día se conocen unas 1.400 maderas frondosas, entre monocotiledóneas y dicotiledóneas, que son importantes desde el punto de vista comercial. Tienen como característica en común el hecho de que las hojas son caducas, lo que determina, en contraposición, una gran frondosidad en primavera con la consiguiente creación de ecosistemas ricos en variedad de flora y fauna, ya que la densidad foliar es un buen hábitat para los seres vivos del bosque (figura 94).



3

Estudios comparativos de diferentes tipos de madera

No se trata de un estudio de carácter botánico donde se analizan y agrupan las diferentes especies de árboles por familias o características biológicas afines, sino de un análisis y una descripción de los principales árboles comerciales del mundo según su distribución en el planeta. Este modo de presentar los árboles responde a la necesidad de dar las suficientes características para que, según la aplicación que se le vaya a dar a la madera, se sepan datos tales como densidad—tanto de una pieza húmeda como seca—, dureza, altura y diámetro promedio, cualidades y defectos, situación y distribución geográfica, entre otros.

Figura 95



Las características que se describen tienen como base común las mismas condiciones, ante las cuales cada especie se comportará singularmente. Esto permite hacer comparaciones entre maderas totalmente distintas ya que, por ejemplo, cuando se habla de durabilidad se hace referencia a la capacidad de la madera para resistir la putrefacción, sin necesidad de tratamientos preservativos cuando se utiliza en exteriores. La densidad será expresada como el peso específico que tiene cada madera en seco ($= < 12\%$ de humedad) y en verde ($> 12\%$ de la humedad).

La división de las maderas se establece según cinco zonas.

Zona 1: Europa

ABETO (*figura 95*)

Lugar de crecimiento: se encuentra en el centro y el sur de Europa, aunque también en Asia central y oriental, y es particularmente importante en Norteamérica. Dentro de Europa, el área de crecimiento se localiza entre los Pirineos y Rusia, en las zonas montañosas.

Características: madera de color blanco cremoso u ocre, con un veteado ligeramente pardo sinuoso o rosado y una albura casi indistinta. Es la madera del grupo de las resinosas de olor más débil, siendo muy ligera y porosa; una vez seca

no mancha y generalmente es de fibra recta. La madera es blanda, indeformable y estática, aunque es propensa a ser atacada por hongos. Este árbol puede alcanzar una altura media de 45 m y un diámetro de 140 cm, con una densidad, en seco, de 450 kg/m^3 , que se convierte, en verde, en 635 kg/m^3 .

Aplicaciones: madera empleada en carpintería de armar y en carpintería de taller, armazones de muebles, cajas para instrumentos musicales. Es una madera fácil de barnizar.

ÁLAMO BLANCO (figura 96)

Lugar de crecimiento: este árbol proviene del norte de Europa, Escandinavia y la cuenca del Báltico.

Características: color entre blanco y gris. Estructura blanda, tenaz, muy fácil de trabajar. Bastante propenso a agrietarse y al alabeo. Poco resistente a la humedad y a la carcoma. Es de crecimiento rápido, y su altura media es de 40 m y su diámetro de 110 cm. La densidad, en seco, puede alcanzar los 500 kg/m^3 y, en verde, los 900 kg/m^3 .

Aplicaciones: fabricación de persianas enrollables e interiores de muebles, como fondo de cajones o como tapas de armario.

CASTAÑO (figura 97)

Lugar de crecimiento: especialmente en toda el área del Mediterráneo, aunque también puede encontrarse en Suiza, Alemania e incluso en el sur de Inglaterra.

Características: es de color ocre rojizo, de estructura y fibras gruesas. Madera fuerte y elástica muy parecida al roble, pero de color más claro y sin radios ni

mallas acusadas. La albura se diferencia perfectamente del duramen por tener un color mucho más blanco. Alcanza el pleno desarrollo entre los ochenta y los cien años. Se hiende bien y dura mucho debajo del agua, pero se vuelve quebradiza al aire, además de ser apolillable y es fácilmente atacada por la carcoma. Su densidad, en seco, es de 580 kg/m^3 , para aumentar, en verde, a 720 kg/m^3 . Tiene una altura media de 40 m y un diámetro de 80 cm.

Aplicaciones: se emplea especialmente para mangos, persianas y en tornería. En ebanistería se emplea poco, aunque bastante en lo que respecta a puertas de muebles de cocina.

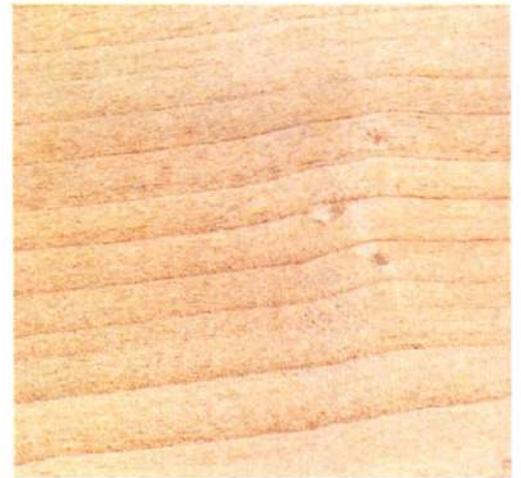


Figura 98

CEREZO (figura 98)

Lugar de crecimiento: aunque se considera de procedencia europea, también se puede encontrar en Asia Menor, en EE.UU. y en el Cáucaso.

Características: es una madera que tiene el duramen marrón-rosado, que se va oscureciendo a medida que pasa el tiempo, y tiene un veteado muy fino que coincide con el poro de color pardo oscuro. Es bastante dura aunque propensa a padecer la enfermedad de la carcoma y con una gran hidrotropía, con lo que tratada y secada al vapor mejora mucho su rendimiento. Puede alcanzar una altura de 20 metros y un diámetro de 70 cm, con una densidad, en seco, de 689 kg/m^3 y, en verde, de 800 kg/m^3 .

Aplicaciones: se emplea en ebanistería fina, en la confección de instrumentos de cuerda, boquillas, pipas y sillería. Tiene un buen lijado y un muy buen barnizado.

El cerezo silvestre produce poca madera, por lo que la pequeña cantidad de que se dispone se reserva para determinados muebles.

Figura 96



Figura 97

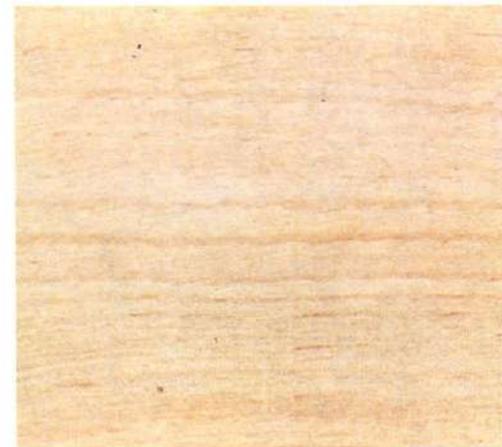




Figura 99

ENCINA (figura 99)

Lugar de crecimiento: preferentemente en Europa y en América del Norte, aunque en las zonas cálidas y en algunos países tropicales existen varias especies que, por ser de hojas perennes, tienen una madera distinta que las de hoja caduca. En Europa, las especies más frecuentes son la carrasca o encina mediterránea, y el alcornoque, que es más importante por su corteza, de la que se obtiene el corcho, que por su madera.

Características: la madera de la encina es más dura y más pesada que la del roble blanco. Típicamente es de color ocre o marrón claro con fibra plateada muy vistosa, y radios medulares muy grandes que forman placas amarillas muy visibles, pese a lo cual no resultan tan decorativas como las de las mejores maderas de roble blanco, tiene poros amarillos, de textura fina y uniforme y presenta dibujos debidos a los anillos de crecimiento; hasta el momento tiene escaso rendimiento comercial. Dentro del agua se oscurece, y tiene una gran resistencia al peso. Difícil de pulir por su dureza, puede alcanzar una altura media de 40 m y un diámetro de 85 cm. Con una densidad, en seco, de 873 kg/m³ que pasa a ser, en verde, de 1.060 kg/m³.

Aplicaciones: la madera de encina es difícil de secar ya que se tuerce, es propensa a resquebrajarse y es difícil conseguir un acabado liso, por lo cual tiende a emplearse en trabajos estructurales ordinarios, como postes y cercados, y algunas veces en herramientas de labranza y carretería. En muchos países se utiliza para confeccionar toneles de vino o simplemente para la combustión.

ERABLE (figura 100)

Lugar de crecimiento: se encuentra tanto en Europa como en Asia y en Norteamérica, aunque su origen se supone que es europeo.

Características: muy similares a las del arce, es decir, con la cualidad de facilitar el curvamiento, haciéndola muy flexible y resistente al pandeo; tiene el defecto de estar constituida por haces de fibra torcidos. La madera es algo dura, alcanzando un diámetro medio de 60 cm. Su densidad, en seco, es de 570 kg/m³ y, en verde, de 630 kg/m³.

Aplicaciones: se emplea preferentemente en chapeado y marquetería, así como en interiores de muebles.



Figura 100

FRESNO (figura 101)

Lugar de crecimiento: en bosques de media altura de toda Europa, aunque se encuentra en gran cantidad tanto en España como en Eslovenia. Hay especies similares en EE.UU. y Japón.

Características: tanto la albura como el duramen son de color blanco cremado, ligeramente rosado o agrisado, con vetas muy vistosas, anillos de crecimiento muy diferenciados con vasos que forman estrías veteadas en sección radial y onduladas en sección tangencial. Es una madera bastante dura, se seca pronto y es moderadamente estable. Es fuerte y especialmente notable por su rigidez. Este árbol puede alcanzar una altura media de 40 m y un diámetro de 60 a 100 cm, con una densidad, en seco, de 630 kg/m³ y, en verde, de 950 kg/m³.

Figura 101



Aplicaciones: se emplea, en general, en muebles y objetos curvados, por su gran elasticidad y tenacidad. Se selecciona para artículos deportivos como raquetas de tenis, palos de hockey, bates de béisbol, aparatos de gimnasia y en mangos de herramientas, como hachas, picos y martillos. También se usa en elementos curvados de embarcaciones y para el armazón de vagonetas, carros y autobuses. Tiene un buen lijado y barnizado.

HAYA (figura 102)

Lugar de crecimiento: es una madera de la zona templada del hemisferio norte, que en Europa compite con el roble, si bien la más apreciada es la que se encuentra en las montañas de Croacia. Hay variedades de gran calidad en EE.UU., Japón, Chile y el Antártico.

Características: no hay diferencia entre albura y duramen, es de un color blanquecino que pronto pasa al rosado y al rojizo suave si es haya secada al vapor. En las superficies aserradas rotatoriamente y en las aserradas tangencialmente aparece un dibujo en el que son claramente visibles los anillos del crecimiento. La madera es de fibra recta, de textura fina y uniforme.

Entre las maderas de árboles frondosos, ésta es la que experimenta mayor contracción. Los radios medulares dan espejuelos rectangulares en sección radial y manchitas pardas en sección tangencial.

El haya se seca pronto pero tiende a torcerse y una vez seca sufre movimientos apreciables con los cambios de humedad. Es resistente al calor y puede ser curvada al vapor, y si se corta rotatoriamente da chapas excelentes.

Este árbol puede alcanzar una altura media de 30 m y un diámetro de 70 cm, con una densidad, en seco, de 700 kg/m^3 y, en verde, de 900 kg/m^3 .

Aplicaciones: es una madera muy adecuada para muebles, y especialmente utilizada para elementos torneados y curvados de sillas y sillones. También se usa para numerosos utensilios domésticos, para cucharas de madera y demás enseres de cocina, para mangos de herramientas y cepillos, y, en juguetería, para la cajería y entarimados.

NOGAL (figura 103)

Lugar de crecimiento: los nogales se hallan distribuidos por las regiones tem-

pladas y cálidas del hemisferio norte, y aunque el origen de esta especie es el Oriente Próximo, es en Europa donde ha alcanzado su mayor difusión, llamándose actualmente nogal europeo.

Características: es una de las maderas más nobles y apreciadas, de color pardo grisáceo, con vetas casi negras, aunque el color es variable. La fibra es recta, aunque algo ondulada, y es de textura media. Está expuesta a una intensa contracción. El duramen es claro cuando es joven y pardo oscuro al envejecer. La estructura es compacta, densa y fina.

Este árbol puede alcanzar una altura media de 20 m y un diámetro de 200 cm, con una densidad, en seco, de 670 kg/m^3 y, en verde, de 810 kg/m^3 .



Figura 103

Aplicaciones: es una de las maderas más decorativas del mundo, utilizada desde la antigüedad para la fabricación de muebles. Actualmente, se usa para hacer chapas de muebles y revestimientos. Como madera maciza se emplea en ebanistería de lujo, siendo la preferida para la fabricación de culatas de revólveres y escopetas.

OLIVO (figura 104)

Lugar de crecimiento: todos los países del sur de Europa y, en general, los países mediterráneos, donde se ha cultivado para obtener sus frutos comestibles, y de ellos el aceite. Existen otras especies en diversas partes de África, como Kenya y Tanzania, siendo este tipo de olivo más grande y desarrollado que el europeo.

Características: madera amarillenta con veteados oscuros, de textura fina y con fibras a menudo rectas. La albura no es muy distinta del duramen. La raíz del olivo presenta dibujos y mallas de grandes y atractivos dibujos. La madera del olivo se seca lentamente y tiene una cierta tendencia a agrietarse y fisurarse; es dura, combinando un gran peso con una textura fina. Es moderadamente resistente a los hongos. Este árbol puede alcanzar una altura media de 10 m y un diámetro

Figura 102





Figura 104

de 60 cm, con una densidad, en seco, de 780 kg/m^3 y, en verde, de 1.100 kg/m^3 .

Aplicaciones: como es muy difícil de aserrar, se usa preferentemente en trabajos de tallado y objetos de lujo, en general. También se puede emplear en trabajos de tornería, grabado y cajetería. Tiene un tacto sedoso y puede presentar dificultades en el barnizado.

OLMO (figura 105)

Lugar de crecimiento: crece especialmente en la Europa central y meridional, y en general está muy extendido en el hemisferio norte y parte de Escandinavia. Existen algunas especies, como el olmo montano, olmo campestre y olmo holandés, que son absolutamente europeas. Pero también existen en América el olmo blanco y el rojo, así como en Asia el olmo japonés.

Características: es de color pardo sinuoso o rojizo, con albura blanca amarillenta y entrelazada. Tiene los vasos muy finos y los radios son casi invisibles, dando una malla muy pequeña. Es permeable a los hongos. Este árbol puede alcanzar una altura media de 40 m y un diámetro de 80 centímetros, con una densidad, en seco, de 690 kg/m^3 y, en verde, de 950 kg/m^3 .

Figura 105



Aplicaciones: se emplea en carrocería, carpintería y ebanistería. Es una madera difícil de lijar y no fácil para teñir y barnizar. En general se usa para aquellos

elementos estructurales que deben permanecer constantemente húmedos, como botes de pesca o estructuras de embarcaciones.

PERAL (figura 106)

Lugar de crecimiento: en todo el centro y sur de Europa, aunque también hay especies en Asia.

Características: este árbol es de características muy similares al manzano; la albura es blanca, mientras que el duramen es de color rosa pálido, con veteado algo más oscuro, con radios uniformes que aparecen con un fondo suave estriado, haciendo que los anillos apenas sean visibles. Es una madera algo dura a la que no atacan los insectos, aunque es muy propensa a alabearse.

Este árbol puede alcanzar una altura media de 10 m y un diámetro de 40 cm, con una densidad, en seco, de 730 kg/m^3 y, en verde, de 830 kg/m^3 .



Figura 106

Aplicaciones: se usa en tornería, talla, útiles de dibujo e instrumentos de mecánica. También en ebanistería fina, ya que admite muy bien el pulido y el barnizado.

PINO (figura 107)

Lugar de crecimiento: llamado también pino albar, es la madera comercial más utilizada. Su área de distribución natural abarca casi toda Europa y Asia central y es exportada en grandes cantidades desde Suecia, Finlandia, Rusia y Polonia.

Características: esta madera posee anillos de crecimiento muy marcados, con características muy variables, desde los árboles de crecimiento lento de la zona septentrional de Rusia, que produce especies de textura fina, hasta los del sur de Suecia y algunas zonas de Europa, de crecimiento vigoroso, que producen maderas más densas.

Figura 107



Biblioteca Atrium de la Carpintería - 1

La madera de pino es la más resinosa, con una albura y un duramen muy diferenciados.

Es una madera blanda y de fibra continua. Este árbol puede alcanzar una altura media de 25 m y un diámetro de 60 centímetros, con una densidad, en seco, de 540 kg/m^3 y, en verde, de 750 kg/m^3 .

Aplicaciones: la madera de calidad superior se destina a carpintería de lujo y a la fabricación de muebles, mientras que la más ordinaria es utilizada en construcciones domésticas, cajas y embalajes. Esta madera es muy importante para la obtención de la pulpa destinada a papel.

PINO DEL NORTE (figura 108)

Lugar de crecimiento: en Escandinavia, especialmente Finlandia, y en Rusia. También se llama pino de Flandes.

Características: como todo pino, es un árbol resinoso, de color claro, con las vetas de color siena-ocre, y de estructura muy similar al pino silvestre, con una fibra recta y seguida, y de dureza más bien blanda.

Este árbol puede alcanzar una altura media de 40 m y un diámetro de 75 cm, con una densidad, en seco, de 500 kg/m^3 y, en verde, de 900 kg/m^3 .



Figura 108

Aplicaciones: como se pueden obtener piezas de gran longitud, se utiliza en carpintería selecta de taller y armazones de muebles de gran tamaño.

PLÁTANO (figura 109)

Lugar de crecimiento: existen dos tipos de plátano, el oriental y el occidental; nos referiremos al último, que tiene origen en toda Europa, con excepción de la septentrional.

Características: es una madera de color gris cobrizo y de albura amarillenta, con grandes radios claramente visibles en las superficies aserradas tangencialmente.

La textura es fina y uniforme y generalmente de fibra recta. Es una madera muy similar al haya cuando está secada al vapor, algo dura y bastante flexible, aunque se carcome con facilidad. Este árbol puede alcanzar una altura media de 25 m y un diámetro de 80 cm, con una densidad, en seco, de 580 kg/m^3 y, en verde, de 1.085 kg/m^3 .

Aplicaciones: análogas a las del haya.

ROBLE (figura 110)

Lugar de crecimiento: en toda Europa, pero también en Asia, África septentrional y América del Norte, siendo el de mayor calidad el de la zona dinárica croata, Alemania y EE.UU.

Características: este árbol es uno de los que vive más años, llegando a los 500 años; su madera es la de mayor resistencia, rigidez y duración, siendo en contrapartida una madera muy pesada y dura. Su color es pardo amarillento con una fibra recta y la textura gruesa para la especie europea y pardo rojizo para la especie americana. Es una madera resistente a la humedad y es atacada por los insectos.

El árbol puede llegar a una altura media de 40 m y un diámetro de 110 cm, con una densidad, en seco, de 630 kg/m^3 y, en verde, de 1.085 kg/m^3 .

Aplicaciones: se emplea en muebles de calidad, pero también en la industria naval, construcción, parquet y tallas artísticas, ya que tiene un buen labrado, un teñido regular y un buen barnizado.

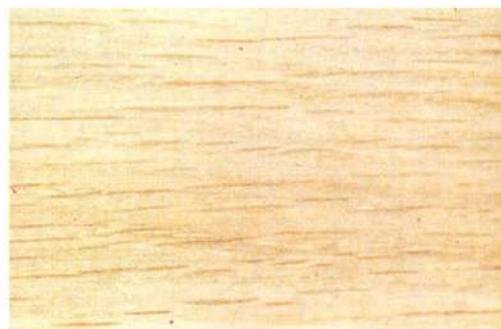


Figura 110

Zona 2: Asia y Oceanía

AMBOINA (figura 111)

Lugar de crecimiento: en todo el trópico ecuatorial que va de las Indias a las islas Filipinas e Indonesia, especialmente en las islas Molucas.

Figura 109





Figura 111

Características: la albura es blanquecina y el duramen amarillo ocre rosado; esta especie es de la misma que la caoba, y su aroma recuerda la vainilla.

Es un árbol de poca altura y de madera blanda, muy fácil de labrar. Lo que se usa preferentemente es la raíz, que da una chapa de una belleza extraordinaria.

Aplicaciones: se emplea en ebanistería fina, ya que sus lupias son muy apreciadas en muebles chapados e instrumentos musicales.

BOJ (figura 112)

Lugar de crecimiento: preferentemente en Turquía, Rusia y Asia, donde hay especies de mayor tamaño que las que se pueden hallar en Europa septentrional.

Características: el nombre de madera de boj se da a varias maderas pesadas, de textura muy fina y uniforme, de color amarillo vivo. Es una madera muy compacta, dura y pesada y con anillos apenas visibles, siendo muy susceptible al cambio o a la torsión por calentamiento, por lo cual debe ser secada cuidadosamente. Este árbol puede llegar a tener una altura media de 8 m y un diámetro de unos 10 cm, con una densidad, en seco, de 912 kg/m³ y, en verde, de 1.016 kg/m³.



Figura 112

Aplicaciones: es una excelente madera para ser torneada y para ser tallada, y especialmente si la talla requiere profusión de detalles, lo que la hace muy adecuada para el grabado.



Figura 113

ÉBANO (figura 113)

Lugar de crecimiento: aunque el origen de esta madera está en las costas septentrionales de las islas Célebes, India y Sri Lanka, actualmente se produce en su mayor parte en África tropical y Brasil.

Características: tiene una albura de color blanco rosado, no apreciada, y un duramen muy oscuro, muy apreciado, de color café oscuro y vetado más negro. Junto al wenge africano es la madera más oscura que se conoce. El ébano es difícil de trabajar, ya que es una madera dura; debe ser secada con grandes precauciones y trabajada con mucha habilidad, ya que es quebradiza. Es inatacable por los insectos.

Este árbol puede llegar a tener una altura media de 8 m y un diámetro de 30 centímetros, con una densidad, en seco, de 936 kg/m³ y, en verde, de 1.100 kg/m³.

Aplicaciones: se emplea especialmente en decoración de interiores de lujo, muebles de calidad, instrumentos musicales y elementos que destacan en un objeto determinado, como tiradores de puertas o puntas de tacos de billar; también se usa en las teclas negras de todos los instrumentos de teclado.

EUCALIPTO (figura 114)

Lugar de crecimiento: existen varios tipos de eucaliptos pero tienen en común el hecho de ser originarios de Australia, Tasmania, Nueva Gales del Sur y diversos puntos de Oceanía. Aunque actualmente su expansión alcanza a América del Sur y a Europa.

Características: la madera del eucalipto es semejante a la de un roble aserrado tangencialmente, pero en el sentido perpendicular carece de la fibra plateada de aquél. La corteza es casi inexistente, apareciendo como una lámina de 2 a 5 mm. Es una madera de peso medio que seca pronto, aunque las células superficiales tienden a contraerse. Su solidez es buena

Figura 114



y puede ser aserrada y procesada mecánicamente sin problemas. Su duración frente a la pudrición es moderada, por lo que si se usa en exteriores tiene que ser tratada. La madera tiene una buena flexibilidad, aunque al ser su tronco más bien estrecho no es posible conseguir piezas de gran tamaño.

Este árbol puede alcanzar alturas de hasta 100 m y un diámetro de tronco de 90 a 100 cm.

Aplicaciones: se utiliza en carpintería y en la fabricación de muebles, en chapas y contrachapados o para placas de aglomerados, en artículos de deporte por su particular tenacidad, para madera de embalaje y en tonelería. También se usa en la obtención de pulpa para la fabricación de papel.

LAUREL (figura 115)

Lugar de crecimiento: madera muy popular en la India, Birmania, y Sri Lanka.

Características: la albura y el duramen están muy diferenciados, ya que la albura es de color rosáceo mientras que el duramen es de color pardo anaranjado. En general es una madera muy decorativa con escasas vetas, de textura gruesa y de fibra recta o irregular.



Figura 115

Es una madera densa, un 20 % más pesada que el roble. Se seca difícilmente, sobre todo aquellas porciones de grosor considerable, torciéndose y tendiendo a partirse y resquebrajarse. Es una madera fuerte, pero su peso la hace difícil de aserrar y trabajar tanto a mano como a máquina; es moderadamente resistente a los hongos y termitas.

Es un árbol de talla variable pudiendo alcanzar una altura de 30 m y 100 cm de diámetro, con una densidad, en seco, de 900 kg/m³ y, en verde, de 950 kg/m³.

Aplicaciones: se utiliza tanto en forma maciza como en chapa para hacer muebles, para carpintería de lujo, para escaleras y puertas y revestimientos.



Figura 116

PALISANDRO DE LA INDIA (figura 116)

Lugar de crecimiento: India oriental, Tailandia, Indonesia, Sri Lanka y Java.

Características: la albura es blanca amarillenta con algún tono rosado. El duramen es de color muy intenso, que va del violeta azulado oscuro al anaranjado, formando el veteo más marcado. Es una madera fácil de trabajar, más bien blanda. El duramen fresco desprende un agradable olor a rosas. Es un árbol de talla pequeña o mediana, con una densidad, en seco, de 850 kg/m³ que pasa a ser, en verde, de 1.000 kg/m³.

Aplicaciones: se emplea en la ebanistería de lujo, y en artículos torneados, como mangos de cuberterías y otros artículos de acero inoxidable.

REWA (figura 117)

Lugar de crecimiento: se desarrolla sólo en la zona septentrional de Australia y en Nueva Zelanda.

Características: el duramen va de un color amarillo oro a un rosa oscuro y en la sección radial la madera muestra un dibujo muy hermoso, parecido al que se puede ver en el haya pero con mayor intensidad y con el moteado más marcado.

Es un árbol que puede llegar como media a los 30 m y con un diámetro de 50 centímetros, con una densidad, en seco, de 770 kg/m³ y, en verde, de 800 kg/m³.

Aplicaciones: al tratarse de una madera que es muy resistente al fuego y que tiene una gran durabilidad se emplea para revestimientos de interiores y con fines decorativos varios.

SEN (figura 118)

Lugar de crecimiento: las escasas reservas comerciales disponibles proceden del Japón, aunque este árbol crece también en China, Corea y Sri Lanka.

Figura 117

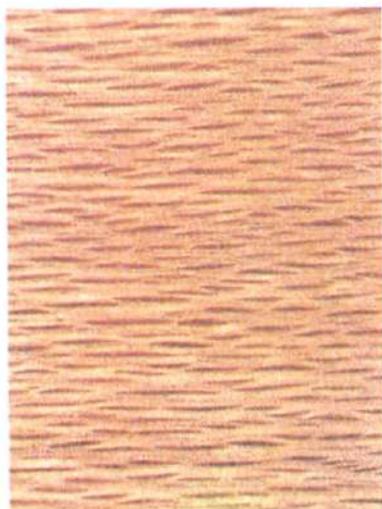




Figura 118

Características: la albura es de color blanquecino y el duramen pardo amarillento suave, de estructura porosa anillada, lo que hace que esta madera tenga una semejanza con la del fresno.

Es de crecimiento bastante lento, siendo un 20 % más ligera que el fresno. El sen tiene una madera suave para trabajarla, a pesar de que al secarse se contrae bastante, aunque no se agrieta. Se parece al fresno pero no tiene su rigidez, y cuando crece muy lentamente puede resultar muy quebradiza, por ello no es recomendable para ser clavada y para usarla en exteriores. Es mejor darle un tratamiento muy acabado. Es moderadamente estable. Se trata de un árbol que puede llegar a los 25 m y a un diámetro de 100 cm, con una densidad, en seco, de 600 kg/m^3 y, en verde, de 650 kg/m^3 .

Aplicaciones: en el Japón la madera de sen tiene diversas funciones, para la fabricación de muebles, en superficies decorativas, en mangos y empuñaduras, y en general es de fácil trabajo y muy buen tintado y acabado. Fuera del Japón se conoce en forma de chapas o de madera contrachapada.

TAMO (figura 119)

Lugar de crecimiento: en toda Asia sudoriental, Japón, Corea y en China; también es conocido con la denominación de fresno japonés.

Figura 119



Características: la albura y el duramen no se diferencian en términos de color o textura. El duramen se puede reconocer porque tiene una coloración más oscura que el fresno europeo, el veteado se presenta marcado y el color se presenta con mayor intensidad. Es una madera con buenas propiedades mecánicas y más bien blanda. La densidad es baja, ya que con un 15 % de humedad puede llegar a los 570 kg/m^3 .

Aplicaciones: preferentemente en ebanistería de gran calidad, ya que es una madera con un veteado muy hermoso y de fácil manipulación.

TEKA (figura 120)

Lugar de crecimiento: crece espontáneamente en Birmania y Tailandia, aunque también se desarrolla en la India, en Siam e Indonesia.



Figura 120

Características: es una de las maderas más destacadas del mundo, ya que en muchos casos es la referencia para comparaciones de calidad. La albura es de color blanquecino mientras que el duramen es de color ocre-pardo con veteado oscuro. En contacto con el aire y una vez aserrada se oscurece. Como es una madera muy grasa, su resistencia a la humedad es óptima, y también lo es su resistencia a los parásitos. Es una madera de peso medio, más pesada que la caoba pero más ligera que el roble. La teka una vez seca es muy estable y de larga duración, aunque por su peso y densidad es difícil de aserrar. Es un árbol que puede llegar como media a los 10 m de altura y un diámetro de 40 cm, con una densidad, en seco, de 1.000 kg/m^3 y, en verde, de 1.100 kg/m^3 .

Aplicaciones: la teka es la mejor madera que se puede emplear para la construcción de embarcaciones en todas sus partes. También se utiliza para ebanistería fina y para acabados de laboratorios en que se requiera una resistencia al contacto de ácidos.

Zona 3: América del Norte

ABEDUL (figura 121)

Lugar de crecimiento: el hemisferio norte, especialmente en Canadá y norte de EE.UU.; también se puede encontrar en Europa central y en el Asia boreal.

Características: albura casi blanca y duramen blanco-marfil-rosado de efectos muy hermosos. La madera de abedul tiene una textura fina y es casi blanca, aunque el abedul amarillo tiene un duramen pardusco, y en general carece de dibujo. Es una madera pesada, en algunos casos tanto como el roble. Es tan dura como el fresno y su resistencia es mejor. Es una madera que no se agrieta ni se corroe y en zonas húmedas se apolilla.

Este árbol puede llegar a una altura media de 20 m y un diámetro de 60 cm, con una densidad, en seco, de 700 kg/m³ y, en verde, de 840 kg/m³.



Figura 121

Aplicaciones: es una madera que se emplea más como madera contrachapada que de forma maciza; sus propiedades mecánicas hacen que sea una excelente madera para el contrachapado estructural. Su pulpa es muy usada para la fabricación de papel de escribir, en madera laminada y comprimida, en fabricación de culatas y elementos tallados, ya que tiene un buen lijado y acabado.

ARCE (figura 122)

Lugar de crecimiento: Canadá, vertiente atlántica de EE.UU. y Oregón, aunque también se encuentra en Europa y en el Japón.

Características: la albura tiene un color blanco, mientras que el duramen es rosado-pardo, con anillos de crecimiento ligeramente marcados. Es una madera que se seca bien, aunque de forma lenta, y es

moderadamente estable, un 25 % más ligera que la de haya, bastante dura, no se agrieta y si es empleada en exteriores tendrá que ser debidamente tratada; es una madera de gran duración en interiores que no hayan sido nunca atacados por la carcoma. Este árbol puede llegar a tener una altura media de 30 m, con un diámetro de unos 80 cm, con una densidad, en seco, de 750 kg/m³ y, en verde, de 875 kg/m³.

Aplicaciones: su gran densidad y fina textura dan al arce una gran resistencia a la abrasión. Por su brillantez se utiliza en suelos de pistas de baile, gimnasios, en tacones de calzado y piezas de piano, en tornería, mangos de herramientas y carrocerías.

MELIS (figura 123)

Lugar de crecimiento: en toda Norteamérica.

Características: es una madera que tiene una corteza pardo-rojiza y muy pocas ramas, por lo que su tronco es muy liso y carente de nudos. Algunas variedades contienen mucha resina, por lo que su secado es complejo, aunque después del proceso es un material estable, hidrófugo e inatacable por los insectos, y algo duro. El árbol puede llegar a tener una altura media de 30 m y un diámetro de 40 cm, con una densidad, en seco, de 850 kg/m³ y, en verde, de 1.030 kg/m³.

Aplicaciones: por su buena adaptación a la intemperie es muy usada en construcciones hidráulicas, embarcaderos y puentes.

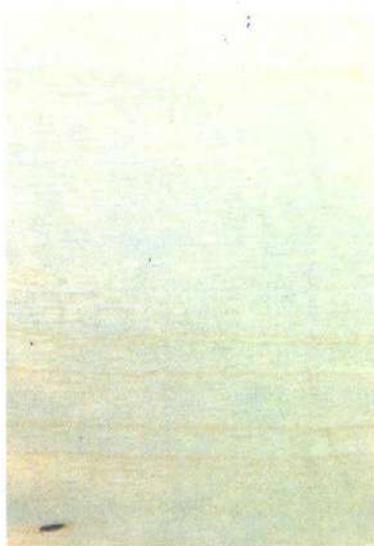


Figura 123

PINO DE OREGÓN (figura 124)

Lugar de crecimiento: también conocido como abeto de Douglas, crece espontáneamente en la Columbia Británica y en la costa del Pacífico de EE.UU., aunque también se puede encontrar en diversas zonas templadas.

Figura 122



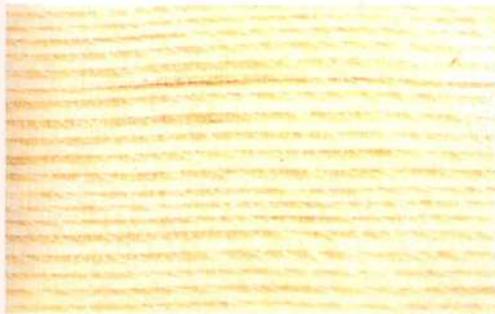


Figura 124

Características: la albura es blanquecina y el duramen amarillento rosáceo; es una de las coníferas más destacadas, con anillos de crecimiento muy marcados, particularmente en la superficie aserrada sobre costeros, y cortados rotativamente forman hermosos dibujos. Es de fibra recta, un tanto resinosa y con un peso medio. Es una madera blanda que se seca rápidamente y se caracteriza por su resistencia mecánica, siendo moderadamente resistente a la podredumbre. El árbol puede llegar a tener una altura media de 80 m y un diámetro de 100 cm, con una densidad, en seco, de 480 kg/m³ y, en verde, de 670 kg/m³.

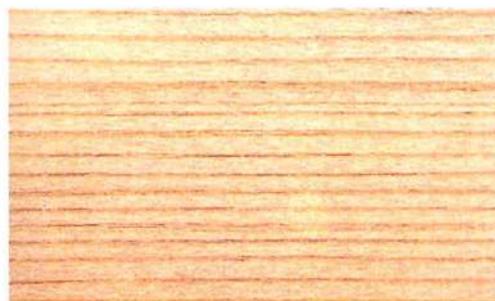
Aplicaciones: como se puede disponer de piezas de grandes dimensiones, es utilizada como madera estructural; también se utiliza en muelles y embarcaderos; en edificios, puede encontrarse en vigas laminadas, armazones de tejados o carpintería. Es la madera más importante por el contrachapado que se extrae de ella, destinado a fines estructurales.

SECOYA (figura 125)

Lugar de crecimiento: regiones occidentales de EE.UU., especialmente en California, por lo que también es conocida como pino de California.

Características: es uno de los mayores árboles del mundo, pudiendo llegar a más de 90 m de altura, con un tronco de hasta 3 m de diámetro. La madera es de color pardo rojizo medio oscuro, su albura

Figura 125



y duramen son indistintos, la fibra es recta y no es resinosa. Es un árbol de crecimiento lento, lo cual puede verse con toda claridad en sus marcados anillos de crecimiento. Es una madera ligera que se seca bien, quedando después del proceso muy estable. Una vez que queda expuesta a la luz, la madera se oscurece. Con un 12% de humedad la densidad será equivalente a 400 kg/m³.

Aplicaciones: las cantidades comercializables de este árbol son limitadas, ya que es una especie protegida. Por su tamaño, se pueden obtener piezas de grandes dimensiones sin nudos. Por ser estable y duradera se usa mucho en puertas y ventanas y trabajos de carpintería en general. Por ser ligera no se utiliza en trabajos estructurales de envergadura, pero sí en invernaderos, muebles de jardín y casas campestres.

TEPA (figura 126)

Lugar de crecimiento: en el cono sur de América, en torno a la cordillera de los Andes, tanto en su lado chileno como en el argentino.

Características: no existe una gran diferencia entre la albura y el duramen, la madera ya serrada es de color marfil amarillento, que tiende a ir oscureciéndose con la luz. Es una madera blanda, fácil de trabajar con todo tipo de utensilios y con máquinas. Es una materia uniforme en que no se ven dibujos sobre sus caras, tan sólo algún sombreado gris. Es un árbol que puede llegar a una altura media de 8 m, en condiciones favorables, con una densidad, al 15% de humedad, equivalente a 440 kg/m³.

Aplicaciones: se emplea para embalajes, cajería, paredes contraplacadas y marcos de puertas y ventanas.

TUYA (figura 127)

Lugar de crecimiento: existe una tuya occidental que es de EE.UU. y otra oriental, propia del este asiático; también se puede encontrar una variedad en el Atlas africano.

Características: tiene la albura amarillenta y el duramen pardo agrisado; la tuya africana es compacta pero más esponjosa y menos resinosa que otras especies; además, es de color cedrino. Su aroma es alcanforado y se oscurece al contacto con el aire. La lupia recuerda la piel del leopardo y su chapa se emplea en muebles de lujo. Es una madera algo

Estudios comparativos de diferentes tipos de madera



Figura 126

Figura 127



Biblioteca Atrium de la Carpintería - I

dura y fácil de trabajar si no son sus raíces las que se vayan a manipular. Este árbol puede alcanzar una altura de 18 m y un diámetro de 50 cm, con una densidad, en seco, de 500 kg/m^3 , que pasa a ser, en verde, de 650 kg/m^3 .

Aplicaciones: su raíz es muy apreciada en ebanistería, para tallas, y el resto de madera se usa en interiores de muebles y ebanistería en general.

Zona 4: América Central y del Sur

AMARANTO (figura 128)

Lugar de crecimiento: este árbol procede de la zona septentrional de América del Sur, especialmente de Brasil y de las Guayanas, aunque también se puede encontrar en algunas zonas de Centroamérica y México.



Figura 128

Características: tiene un duramen pardo-amarillento, que se transforma en violeta al estar en contacto con el aire, de ahí que también se le conozca con el nombre de palo-violeta; la madera termina con un color pardo rojizo igualmente bello, que la hace una de las maderas comerciales de mejor color. La madera es dura, pesada, resistente, tenaz y elástica. La albura es muy atacada por los insectos xilófagos, por lo que debe eliminarse totalmente. Es una madera que se seca bien, sufriendo escasa deformación y una vez seca es estable. Debido a su densidad es difícil de trabajar y poco apta para el tornillaje y la clavazón. Es fácil de pulir y barnizar. El árbol puede alcanzar una altura media de 30 m a 40 m con troncos de más de 1 m de diámetro, con una densidad, en seco, de 920 kg/m^3 y, en verde, de 1.020 kg/m^3 .

Aplicaciones: lo más frecuente es que se utilice en construcciones pesadas, como muelles, puentes y pilastras, y en general para trabajos que requieran gran durabilidad y robustez. También se utiliza en ebanistería selecta, tornería y detalles de objetos de valor.



Figura 129

CANELA (figura 129)

Lugar de crecimiento: se encuentra en toda la cuenca del Amazonas llegando hasta América Central y parte de la península del Yucatán.

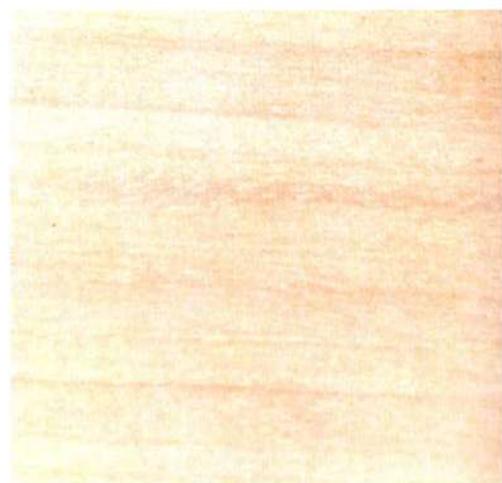
Características: el duramen es de color pardo amarillento con un veteado pardo-negro. La albura no se utiliza, ya que es muy atacada por los insectos xilófagos. Es una madera muy pesada, compacta y dura, lo que no impide que se pueda trabajar adecuadamente, siendo su barnizado un tanto problemático. La densidad, en seco, puede alcanzar los 900 kg/m^3 y, en verde, los 1.000 kg/m^3 .

Aplicaciones: se emplea mucho en construcciones externas, en la industria naval y en el mueble que requiere resistencia y durabilidad.

CAOBA (figura 130)

Lugar de crecimiento: en la zona del centro de América comprendida entre Honduras y México, además de las islas del Caribe.

Figura 130



Características: la albura de este árbol es estrecha, de color rojo-blancuzco, y el duramen pardo-canela o pardo rosado. Sus anillos de crecimiento son irregulares. Es una madera dura que no se carcome ni alabea, es poco atacada por los insectos, pero si no se cuida de ella una vez apeada se le pudre el corazón.

Este árbol llega a tener una altura de 30 m y un diámetro de 70 cm, con una densidad, en seco, de 720 kg/m^3 y, en verde, de 900 kg/m^3 .

Aplicaciones: preferentemente en mobiliario de lujo.

CEDRELA (figura 131)

Lugar de crecimiento: abarca toda una extensa zona comprendida entre México y Brasil.

Características: la albura es de un blanco rosado mientras que el duramen es rosa-marrón con reflejos violeta y púrpura; por su color puede confundirse con la caoba pero su textura es más gruesa, pesa menos y algunas veces es resinosa.

Esta madera se seca rápidamente y una vez seca es muy estable, fuerte, no demasiado dura ni muy pesada, se trabaja fácilmente, es muy duradera, ya que resiste tanto los ataques fúngicos como las termitas. Por estas buenas características es una de las maderas más importantes del Brasil y se exporta a toda Europa. Es un árbol con una densidad, en seco, de 380 kg/m^3 y, en verde, de 720 kg/m^3 .

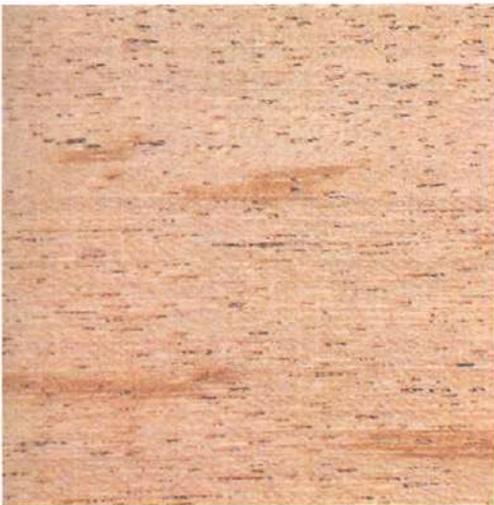


Figura 131

Aplicaciones: en la América tropical es la madera preferida para construcciones ligeras y para ebanistería, para la fabricación de muebles y todo tipo de usos domésticos. También se utiliza en la construcción de embarcaciones de competición.

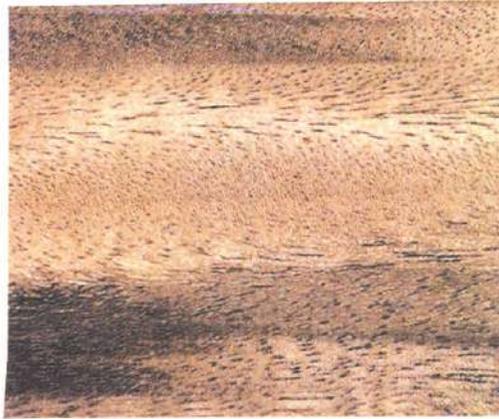


Figura 132

COURBARIL (figura 132)

Lugar de crecimiento: se encuentra en toda América Central, parte de México y en el nacimiento del río Amazonas.

Características: la albura y el duramen se diferencian mucho, pasando de un color blanco-amarillento a una combinación de bellos colores que van del marrón-anaranjado al violeta-negro; estas variaciones de colores se aprecian especialmente en el veteado. La madera es dura, pesada y compacta, siendo a la vez flexible y elástica. En el proceso de secado debe tenerse mucho cuidado, ya que un secado muy rápido la podría deformar. Por su dureza es difícil de cortar, utilizándose preferentemente la maquinaria para ello. Esta madera tiene una densidad, en seco, de 850 kg/m^3 .

Aplicaciones: se emplea en construcciones navales, parqué, estructuras tanto de interior como de exterior, evitándose el uso en muebles ya que es muy difícil obtener chapas de esta madera.

CHICARANDA (figura 133)

Lugar de crecimiento: preferentemente en Brasil y Cuba, aunque también se puede encontrar una especie en la India.

Figura 133



Biblioteca Atrium de la Carpintería - 1

Características: el duramen es mar-
móreo-negrusco, los anillos de cre-
cimiento no son muy bonitos, puesto que los
veteados negruzcos frecuentemente son
excéntricos a los círculos.

Es una madera bastante dura y aro-
mática y es muy combustible por la resina
lustrosa que contienen sus vasos capila-
res. Es un árbol que puede llegar a una
altura de 19 m y un diámetro de 100 cm,
con una densidad, en seco, de 850 kg/m^3
y, en verde, de 900 kg/m^3 .

Aplicaciones: se utiliza en ebanistería
de lujo y en tornería.

PALISANDRO DE RÍO (figura 134)

Lugar de crecimiento: básicamente en
Brasil y en Argentina.

Características: la albura es blanco-
amarillenta y el duramen presenta bellí-
simos colores que van desde el marrón
tabaco y chocolate a los tonos violetas y
azules de las venas o vetas, que también
pueden llegar a ser negras. Los dibujos
son grandes y de mucho brillo. Esta ma-
dera es muy pesada y presenta fibras fi-
nas, no es difícil de secar ni de tratar
mecánicamente aunque las especies muy
pesadas tienen que ser manipuladas con
cuidado.

La densidad de esta madera, en seco,
es de 850 kg/m^3 y, en verde, puede al-
canzar los 1.000 kg/m^3 .

Figura 134



Aplicaciones: por su belleza y aroma se
emplea en el mueble de alto precio, para
la decoración de interiores de lujo, cajas
y terminaciones de instrumentos musica-
les y objetos varios que requieran tener
una destacada presencia.

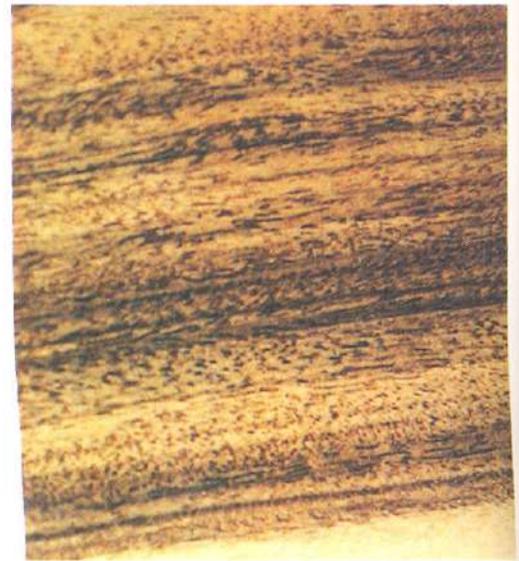


Figura 135

PALO DE HIERRO (figura 135)

Lugar de crecimiento: exclusivamente
los bosques litorales de Brasil.

Características: la albura va desde el
amarillo pálido al marrón muy claro y
el duramen varía del marrón-oscuro al
marrón-rojizo con reflejos purpúreos que
le dan una gran belleza. Es una madera
fina y uniforme, con una fibra recta, pe-
sada, aunque se puede trabajar fácilmen-
te y conseguir un acabado muy suave.
Solamente para su corte se requieren he-
rramientas especiales. Esta madera es
muy buena para ser barnizada. El árbol
puede llegar a tener una altura de 10 m
y un diámetro de 70 cm, con una densi-
dad, en seco, de 1.100 kg/m^3 y, en verde,
de 1.250 kg/m^3 , siendo la madera de ma-
yor densidad de todas las conocidas y
empleadas.

Aplicaciones: actualmente se usa mu-
cho para confeccionar los arcos de los
violines, bastones y mangos de paraguas;
también se utiliza en construcciones ex-
ternas, navales y puentes.

PINO DE BRASIL (figura 136)

Lugar de crecimiento: proviene gene-
ralmente del litoral norte argentino y de
Brasil, aunque su área de distribución
también incluye ciertas zonas de Para-
guay. El pino de Chile o pehuén es una
especie bastante próxima y similar, aun-
que se sitúa en áreas precordilleranas.

Características: es una madera de color
pajizo u ocre en la que ocasionalmente
aparece un veteado rojo brillante. Tiene
una textura fina y uniforme, ya que carece
casi por completo de anillos de creci-

miento, y es típicamente de fibra recta y libre de nudos. La madera de pino de Brasil es muy difícil de secar, requiriéndose grandes precauciones para evitar la torsión y que se parta. Es fuerte, aproximadamente igual que la del pino albar, exceptuando su rigidez, se sierra fácilmente y se trabaja bien, tanto manualmente como a máquina, adquiriendo un buen acabado. No es duradera y es blanda. El árbol puede llegar a los 40 m de altura, con una densidad, en seco, de 560 kg/m^3 y, en verde, de 850 kg/m^3 .



Figura 136

Aplicaciones: como se pueden obtener largas piezas sin nudos es muy apropiada para carpintería de interiores, especialmente para escaleras; también se usa en muebles de calidad estándar.

Zona 5: África

ABEBAY (figura 137)

Lugar de crecimiento: en África ecuatorial, y preferentemente en Guinea.

Características: es una madera semidensa, del tipo de la caoba, de color rojizo oscuro; fina de poro, con irisaciones, cambiantes de color y de brillo en la zona del corazón, semejante al sapelly, es una madera fácil de aserrar y manipular, aunque es algo dura. Frente al barnizado da excelentes resultados.

Figura 137



El árbol puede llegar a una altura de 40 metros y a un diámetro de 140 cm, con una densidad, en seco, de 750 kg/m^3 y, en verde, de 850 kg/m^3 .

Aplicaciones: es una madera óptima para el mobiliario de lujo y la decoración, ya que sus dibujos son siempre de una gran belleza.

BUBINGA (figura 138)

Lugar de crecimiento: la bubinga es una madera de la zona ecuatorial de África occidental que se extrae principalmente de Camerún y de Gabón, aunque también existen áreas de extracción en el Zaire.

Características: esta madera tiene el duramen de color rosa oscuro con vetas más intensas de color, teniendo una gran semejanza con el palo de rosa. Es una madera semipesada, dura y muy resistente a los parásitos, de secado lento pero fácil, y una vez seca es estable. Es una madera fuerte que se asierra fácilmente, teniendo en cuenta su peso. El árbol puede llegar



Figura 138

a los 30 m de altura y tiene el tronco liso y cilíndrico. La densidad, en seco, es de 950 kg/m^3 y, en verde, de 1.100 kg/m^3 .

Una vez que esta madera está secada se puede obtener un acabado liso, aunque si la fibra es irregular se deben tomar precauciones.

Aplicaciones: la bubinga, como el palisandro, tiene una apariencia muy decorativa. Generalmente se utiliza en forma de chapas para motivos decorativos, es apreciada en ebanistería y también en tornería, ya que es apta para ser labrada y se puede obtener un buen barnizado.

EMBERO (figura 139)

Lugar de crecimiento: se puede encontrar en toda África occidental y en especial en Sierra Leona y Nigeria, aunque existen zonas en Filipinas donde se pue-

Estudios comparativos de diferentes tipos de madera

de encontrar una especie de embero muy similar.

Características: tanto la albura como el duramen son parecidos en color, es decir, pardo-siena con un fondo amarillo-rosado oscuro que marca un veteado regular. Frente a la exposición de la luz esta madera se oscurece notablemente, y, además, ante el secado se tiende a unificar en color.

Es una madera semidensa, fácil de aserrar, requiriendo un cuidadoso labrado por las irisaciones que contienen las piezas más centrales del tronco. Resiste bien a los agentes de pudrición, aunque puede contener algunos gusanos en cavidades internas.

Este árbol puede llegar a tener 40 m de altura y un diámetro de 120 cm, con una densidad, en seco, de 750 kg/m³ y, en verde, de 900 kg/m³.



Figura 139

Aplicaciones: se utiliza en ebanistería, tornería y revestimientos. Aunque tiene buen aserrado, el lijado es difícil para la ebanistería porque levanta el repelo.

NOGAL COLONIAL (figura 140)

Lugar de crecimiento: es un árbol que se encuentra en África occidental, desde Costa de Marfil hasta Gabón.

Características: es una madera que tiene un gran parecido con el clásico nogal, por su color, sus vetas y fibras, aunque botánicamente no esté emparentado con este árbol sino con la caoba.

Tanto por la fibra como por la textura y el peso, la madera del nogal colonial es muy parecida a la de la caoba africana.

Esta madera se seca rápidamente y bien, siendo posteriormente muy estable. Por su resistencia es comparable a la caoba africana y mucho más fácil de cortar y de trabajar. A causa de la fibra o fibra entrecruzada se deberá tener precaución para que no se rasque. Es moderadamente resistente a los hongos pero no a las termitas.

Es una madera dura, de fibra recta y sin nudos. El árbol puede llegar a una altura de 20 m y un diámetro de 250 cm, con una densidad, en seco, de 900 kg/m³ y, en verde, de 1.150 kg/m³.

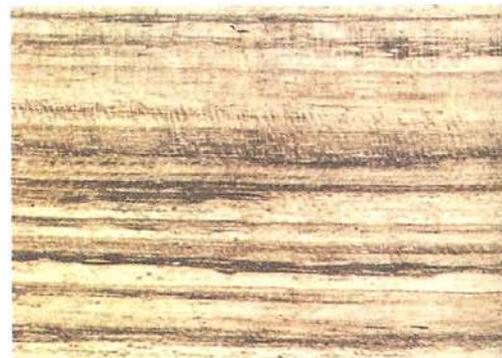


Figura 140

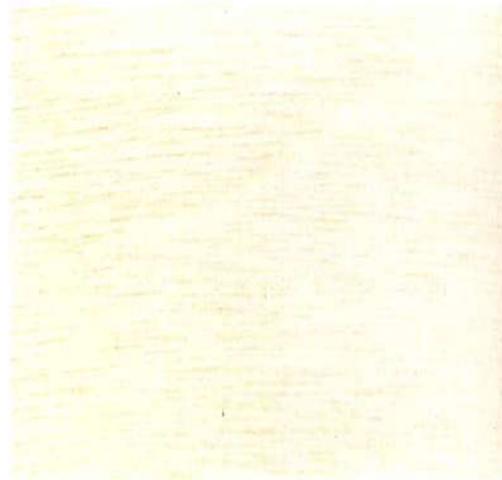
Aplicaciones: como madera maciza se utiliza en la fabricación de muebles; en forma de chapa, para el revestimiento de grandes superficies. Es muy apreciada para objetos torneados.

OKUMÉ (figura 141)

Lugar de crecimiento: actualmente se puede encontrar únicamente en Gabón, en la Guinea ecuatorial y en el Congo.

Características: madera de duramen de color rosa salmón sin veteado o dibujo muy marcado, de textura bastante fina y de fibra recta. Es de peso similar al del falso abeto y por su contenido en sílice es raramente aserrada, ya que es muy abrasiva para sierras y herramientas cortantes. En vez de ello, es exfoliada formando chapas que se secan y se colocan bien y forman un excelente contrachapado. La madera tiene bastante blandura y es imputrescible.

Figura 141



Aspecto del veteado de la
madera de caoba



Es un árbol que llega a los 40 m de altura y que tiene una densidad, en seco, de 486 kg/m^3 y, en verde, de 500 kg/m^3 .

Aplicaciones: tiene numerosas aplicaciones, como revestimientos de puertas, fabricación de muebles y tabiques de separación. Se emplea esencialmente para tableros contrachapados.

SAPELLY (figura 142)

Lugar de crecimiento: se encuentra ampliamente distribuido en el África tropical, desde Sierra Leona hasta Uganda y Zaire. También se exporta desde zonas geográficas situadas entre Costa de Marfil y el Camerún.

Características: en esta madera la albura y el duramen son muy diferenciados, la primera es amarillo-rosa y el segundo rosa-marrón con reflejos dorados, formando el veteado lineal. Es una madera semejante al nogal, y más oscura, densa y fina que la caoba africana. Es una madera semidensa, algo blanda y olorosa, aunque una vez seca no es estable, ya que la presencia de una fibra entrecruzada provoca influencias en el secado y en las propiedades mecánicas.

Es un árbol que puede llegar a tener una altura de 30 m y un diámetro de 100 centímetros, con una densidad, en seco, de 750 kg/m^3 y, en verde, de 900 kg/m^3 .



Figura 142

Aplicaciones: es una madera muy empleada en muebles de calidad por su facilísima labra, su lijado y su perfecto barnizado. También es utilizada en carpintería de calidad, tanto para interiores como para exteriores, para bastidores de ventanas, escaleras, accesorios comerciales y para entarimados.



Figura 143

SIPO (figura 143)

Lugar de crecimiento: se encuentra desde Sierra Leona hasta Uganda y Angola, aunque la mayor parte de las remesas comerciales proceden de Costa de Marfil y de Ghana.

Características: aunque por su aspecto es semejante al sapelly, su textura es más gruesa y, a pesar de que casi siempre tiene una fibra entrecruzada, forma un dibujo rayado muy ancho que no resulta decorativo. La madera es de color rojo-rosa que se oscurece en contacto con el aire. Es más pesada que la caoba africana y ligeramente superior al sapelly. El sipo no presenta tantos problemas en el secado como el sapelly, ya que una vez seco es estable. Se puede aserrar fácilmente y se trabaja bien. Es un árbol que puede llegar a tener una altura de más de 60 m y con un tronco largo y recto de más de 200 cm de diámetro, del que se obtienen tableros muy anchos; tiene una densidad, en seco, de 650 kg/m^3 y, en verde, de 700 kg/m^3 .

Aplicaciones: se emplea generalmente para lo mismo que la caoba. Es utilizada en carpintería de calidad, tanto para interiores como para exteriores, para bastidores de ventanas, escaleras, accesorios comerciales y para entarimados. Es una madera fácil de trabajar y tiene un buen teñido y barnizado.

UKOLA (figura 144)

Lugar de crecimiento: preferentemente en Guinea, aunque se puede encontrar en otras zonas del África ecuatorial.

Estudios comparativos de diferentes tipos de madera

Figura 144



Biblioteca Atrium de la Carpintería - 1

Características: es una madera densa, de un color que va del rosado suave al encarnado subido, el cual depende de la edad y del tamaño del árbol. Es una madera dura, estable, fina de poro, fácil de aserrar, pulir y barnizar. La talla enriquece esta madera. El inconveniente que tiene esta especie es que irrita la mucosa. Es un árbol que puede llegar a tener una altura de 80 m y 200 cm de diámetro, con una densidad, en seco, de 850 kg/m³ y, en verde, de 900 kg/m³.

Aplicaciones: es una madera que se utiliza preferentemente en ebanistería y en carrocería de lujo.

Cuadro comparativo

Para una rápida comparación entre las maderas descritas se detallan en el cuadro XVI algunos datos específicos que resumen lo anteriormente expuesto.

Cuadro XVI

Madera	Densidad kg/m ³		Dureza	Altura en m	Diámetro en cm	
	Seca	Verde				
ZONA 1 EUROPA	Abeto	450	635	<i>blanda</i>	45	140
	Álamo	500	900	<i>más blanda</i>	40	110
	Castaño	580	720	<i>algo dura</i>	40	80
	Cerezo	689	800	<i>dura</i>	20	70
	Encina	873	1.060	<i>muy dura</i>	40	85
	Erable	570	630	<i>algo dura</i>	—	60
	Fresno	630	950	<i>muy dura</i>	40	60
	Haya	700	900	<i>algo dura</i>	30	70
	Nogal	670	810	<i>algo dura</i>	20	200
	Olivo	780	1.100	<i>dura</i>	10	60
	Olmo	690	950	<i>dura</i>	40	80
	Peral	730	830	<i>algo dura</i>	10	40
	Pino	540	750	<i>blanda</i>	25	60
	Pino del Norte	500	900	<i>blanda</i>	40	75
	Plátano	580	1.085	<i>algo dura</i>	25	80
Roble	630	1.085	<i>dura</i>	40	110	
ZONA 2 ASIA Y OCEANÍA	Amboina	—	—	<i>blanda</i>	—	—
	Boj	912	1.016	<i>muy dura</i>	8	10
	Ébano	936	1.100	<i>muy dura</i>	8	30
	Eucalipto	—	—	<i>dura</i>	80	90
	Laurel	900	950	<i>muy dura</i>	30	100
	Palisandro de la India	850	1.000	<i>blanda</i>	—	—
	Rewa	770	800	<i>dura</i>	30	50
	Sen	600	650	<i>blanda</i>	25	100
	Tamo	—	570	<i>blanda</i>	—	—
	Teka	1.000	1.100	<i>muy dura</i>	10	40
ZONA 3 AMÉRICA DEL NORTE	Abedul	700	840	<i>algo dura</i>	20	60
	Arce	750	875	<i>dura</i>	30	80
	Melis	850	1.030	<i>algo dura</i>	30	40
	Pino de Oregón	480	670	<i>blanda</i>	80	100
	Secoya	430	—	<i>blanda</i>	110	800
	Tepa	440	—	<i>blanda</i>	8	—
	Tuya	500	650	<i>algo dura</i>	18	50
ZONA 4 AMÉRICA CENTRAL Y DEL SUR	Amaranto	920	1.020	<i>muy dura</i>	30	100
	Canela	900	1.000	<i>dura</i>	—	—
	Caoba	720	900	<i>dura</i>	30	70
	Cedrela	380	720	<i>algo dura</i>	—	—
	Courbaril	850	—	<i>dura</i>	—	—
	Chicaranda	850	900	<i>muy dura</i>	19	100
	Palisandro de Río	850	1.000	<i>algo dura</i>	—	—
	Palo de hierro	1.100	1.250	<i>muy dura</i>	10	70
	Pino de Brasil	560	850	<i>blanda</i>	40	—
ZONA 5 ÁFRICA	Ababay	750	850	<i>algo dura</i>	40	140
	Bubinga	950	1.100	<i>muy dura</i>	30	—
	Embero	750	900	<i>algo dura</i>	40	120
	Nogal colonial	900	1.150	<i>dura</i>	20	250
	Okumé	486	500	<i>muy dura</i>	40	—
	Sapelly	750	900	<i>algo blanda</i>	30	100
	Sipo	650	700	<i>blanda</i>	60	200
	Ukola	850	950	<i>dura</i>	80	200



4

Enfermedades y defectos de la madera

Es importante distinguir, respecto a los defectos de la madera, la diferencia que puede existir entre el defecto orgánico y el defecto comercial, que en algunos casos pueden coincidir pero que en otros corresponderán a parámetros diferentes, ya que lo que puede ser un elemento absolutamente natural dentro del crecimiento del árbol, como es el desarrollo del ramaje, en el campo de la producción maderera se convierte en un defecto, ya que los nudos (secciones transversales del origen de una rama) en muchos casos hacen inutilizable una pieza determinada.

En la siguiente descripción de alteraciones de la madera se tomará como criterio de análisis el concepto de defecto comercial, es decir, se considerarán las enfermedades, alteraciones y cambios que resten cualidades y calidad comercial a la madera en una o más de sus diversas aplicaciones.

DEFECTOS EN EL DESARROLLO DEL ÁRBOL

La madera teóricamente perfecta sería aquella que tuviera su estructura tubular en condiciones óptimas. Cuando esta estructura presenta anomalías propias de agentes externos o internos dentro del crecimiento del árbol se dice que está degradada. Estas anomalías del ciclo vital serán consideradas primarias, entre las que se cuentan la fibra torcida, madera entrelazada, verrugas o lupias, curvatura del tronco, nudos, fendas y acebolladuras.

Existen dos formas de analizar los defectos del desarrollo del árbol: por la evolución de las fibras y por el crecimiento (a través de un corte transversal en un tronco).

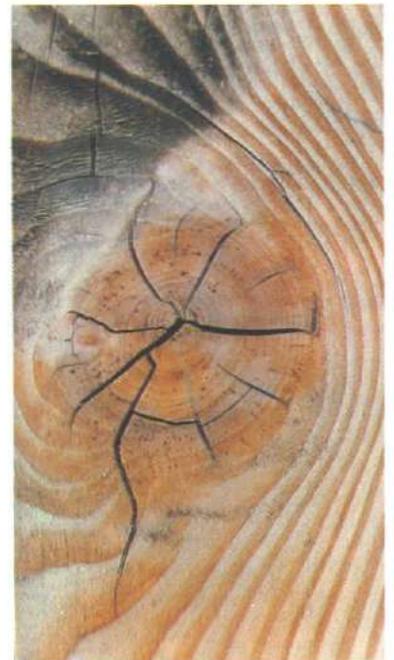
Defectos por las fibras

Los defectos de las fibras, ya sean reviradas, onduladas, entrelazadas o curvadas, están generados por el anormal crecimiento de éstas, al no desarrollarse paralelamente a la médula.

NUDOS

El crecimiento de una rama hará que las fibras aledañas se curven para rodear este obstáculo y así se obtienen maderas de distinta densidad que al ser secadas se comportan de diferente manera; generalmente la estructura leñosa del nudo se agrieta con mayor facilidad a menor humedad (figura 145), y esto se produce porque el nudo es de madera más dura que las fibras normales, por lo que también es más difícil de ser aserrado o cortado. Cuando un nudo se ha secado en el interior del tronco y ha sido cubierto por las sucesivas capas de crecimiento, aquél queda pegado a la madera aunque se corte y convierta en tabla, denominándose nudo vivo; al contrario, si el nudo se ha secado en el interior del tronco pero no se han regenerado las células a su al-

Figura 145



rededor, una vez cortada la pieza nos encontraremos con un nudo muerto que puede saltar fácilmente dejando entonces un orificio en la madera ya dimensionada (figura 146).

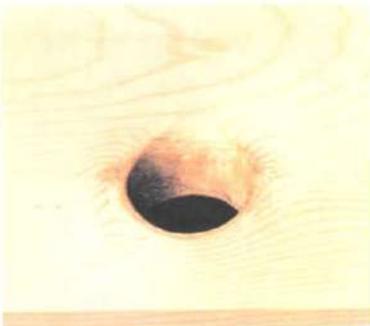


Figura 146

TRONCO DE FIBRA REVIRADA

Este fenómeno se produce porque las fibras en vez de crecer paralelas y radialmente en torno al núcleo crecen en espiral. Esto origina que el crecimiento de las fibras externas sea más rápido que el de las internas, a lo que se suma la acción del viento en la etapa inicial de crecimiento del árbol, que lo hace trabajar a torsión. Este tipo de madera es poco resistente en secciones transversales, aunque en elementos que están sometidos a torsión y pies derechos dará buenos resultados.

En las capas exteriores, el sentido helicoidal de las fibras será más marcado produciendo grietas en la superficie del tronco, que siguen el sentido de las fibras (figura 147).

Figura 147



TRONCO DE FIBRA CURVA

Debido a la tendencia del árbol a buscar la luz (fototropismo), en un medio donde se dificulta la total recepción lumínica se puede producir un crecimiento desigual, lo que inmediatamente se traduce en una madera con fibras curvas, que, convertida en madera dimensionada, puede producir muchos problemas, ya que dichas fibras tenderán a curvarse en el sentido original del árbol (figura 148).

Es importante subrayar que la distribución de los nudos será diferente entre las maderas de coníferas y frondosas, ya que en las primeras la disposición será longitudinalmente ordenada por niveles, mientras que en las segundas la ubicación de los nudos será aleatoria y sin un orden aparente, lo que la convierte en la madera preferida para hacer chapas decorativas por tener un dibujo más variado y atractivo, aunque estructuralmente se preferirá una madera más homogénea y de fibras más continuas, como es la de las coníferas.

Defectos por el crecimiento

Una madera estará sana si al cortar transversalmente un tronco nos encontramos con unos anillos regulares de creci-

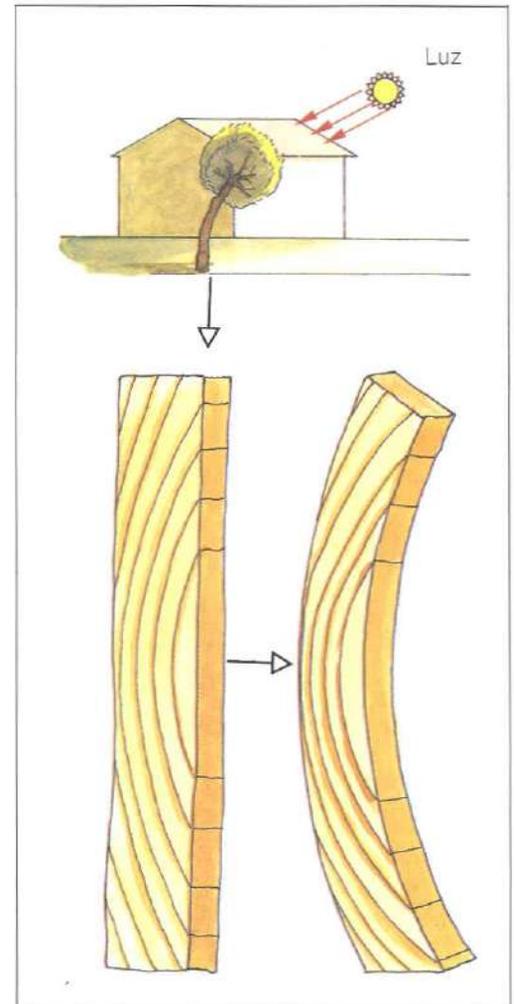


Figura 148

miento anual que nos indiquen un desarrollo uniforme, ya que cualquier situación extraordinaria en la vida del árbol quedaría grabada no sólo en su dibujo sino también en su futuro comportamiento mecánico. Si la albura está demasiado tierna y blanda deberá extraerse inmediatamente, ya que con seguridad será muy propensa a ser atacada por hongos o insectos xilófagos.

Basta mirar un tronco aserrado para poder reconocer ciertas anomalías en su desarrollo, lo cual evita que en un proceso posterior de troceado y dimensionado puedan aparecer grandes sorpresas.

Dentro de este proceso de reconocimiento se pueden apreciar los siguientes casos (figura 149):

a) CORAZÓN EXCÉNTRICO

Si en el proceso de crecimiento de un árbol éste se encuentra expuesto a vientos muy fuertes o a un excesivo asoleamiento focalizado, es probable que se genere un núcleo o corazón descentrado, lo que repercutirá en los anillos de cre-

cimiento, y constituirá una madera poco homogénea y de características físico-mecánicas muy irregulares. Aproximadamente el 75 % de los árboles ubicados en las zonas tropicales sufren este problema, bajando a un 50 % en aquellas zonas más templadas. También se puede dar el caso de que esta desviación medular se presente como doble médula, lo que entorpecería más su futura comercialización. Si esta desviación no es muy acentuada y no ha deformado el tronco de forma elíptica, no tiene importancia para el proceso de troceado.

que queda sin lignificar, entre los anillos de madera hecha y los de albura acabados de formar. Esta zona desvitalizada se reconoce por su color claro, que paulatinamente se convierte en rojizo, y por su olor desagradable, producto de la putrefacción de las fibras. Estas zonas del tronco tendrán que ser desechadas, dadas sus nulas capacidades mecánicas y su acentuada tendencia a la descomposición. Si la zona muerta es muy extensa y compromete mucho a la estructura general del tronco es mejor dejarla para la combustión o la obtención de pulpa.

b) ANILLOS IRREGULARES DE CRECIMIENTO

Este defecto es causado por los cambios climáticos, períodos de sequía, mayor o menor cantidad de luz, trasplantes, incendios, enfermedades parasitarias y, en general, cualquier interrupción vegetativa brusca. Son cambios que aunque afectan a la anchura de los anillos anuales de crecimiento no hacen que éstos pierdan su concetricidad. Si esta discontinuidad no es muy acentuada no tendría que causar problemas en su utilización comercial; pero si, al contrario, esta irregularidad es acentuada podrá haber problemas mecánicos en su estructura, ya que habrá zonas muy marcadas de diferente densidad y dureza.

d) ESTRUCTURA CON CORAZÓN HUECO

Este fenómeno se produce cuando el núcleo o corazón se seca y los anillos se desintegran a su alrededor. La enfermedad que lo produce se denomina pudrición roja y la acción de un virus va desintegrando el núcleo hasta consumirlo completamente. El árbol expuesto a esta enfermedad tendrá muy poca resistencia y cohesión de su masa leñosa, ya que las fibras radiales pierden su capacidad de enlace con las fibras tangenciales y axiales. En términos comerciales se podrá aprovechar sólo su madera más externa, siempre y cuando las grietas radiales no sean muy marcadas.

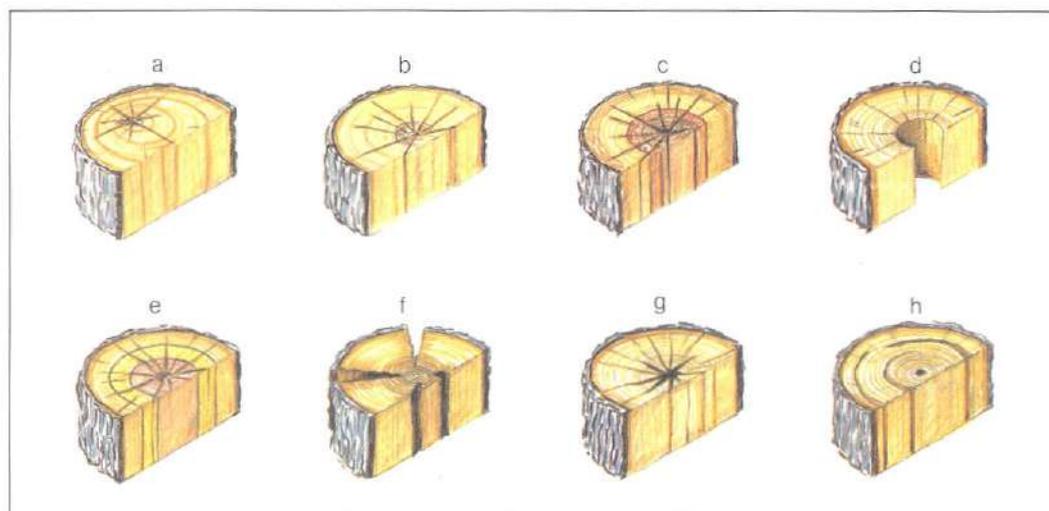
c) ESTRUCTURA CON DOBLE ALBURA

Cuando un árbol está expuesto a fríos muy intensos y prolongados puede producirse la muerte por parte de su albura

e) ESTRUCTURA CON LUNULADOS

En términos generales esta afección es muy similar a la estructura con doble albura, ya que son anillos o capas concéntricas de madera muerta en medio de otros de madera viva. Esto también es

Figura 149



producido por períodos de frío riguroso que han detenido por completo el ciclo vital del árbol, estancándose el flujo de savia en los vasos capilares y generándose en la madera verdaderos anillos de materia inútil en términos comerciales, por su dureza, estructura heterogénea y ausencia de fibras ordenadas, por lo que estas partes siempre deben rechazarse por completo.

el centro hacia la corteza sin llegar a partirla. Las frondosas en pie pueden ser afectadas por esta desarticulación de fibras, mientras que las coníferas ya apeadas también pueden sufrirla. En ambos casos podrá ser indicio de pudrición.

**f) ESTRUCTURA CON HENDIDURAS
O FENDAS PERIFÉRICAS**

Esto se produce cuando el árbol está sometido a cambios de temperatura muy marcados, excesivos fríos o períodos de sequía, los cuales hacen que en un árbol sano se generen contracciones o dilataciones, que se traducen en hendiduras que van de la corteza al centro, perpendicularmente a las fibras de la madera. La mayor densidad del duramen hace que estas fendas no lleguen a profundizarse demasiado, lo cual podría producir la muerte del árbol; sin embargo, si las hendiduras se producen más allá de la mitad del radio del tronco, se desechará esta madera para fines comerciales.

**h) ESTRUCTURA
CON ACEBOLLADURAS O RODAJAS**

Es la falta de continuidad entre dos capas concéntricas de los anillos anuales, provocada por un brusco deshielo de la savia. Esta discontinuidad puede llegar a ser separación de dos capas concéntricas sucesivas de fibra leñosa, apareciendo verdaderos huecos en los cuales se pueden alojar fácilmente insectos o larvas. Cuando estos huecos se extienden periféricamente se produce una separación total, disminuyendo de forma notable la capacidad mecánica de un árbol en pie, aunque este defecto no es visible hasta después del secado de la madera. Estos defectos se dan más frecuentemente en troncos ricos en tanino, como son el castaño o la encina. Cuando ya se ha aserrado este tipo de madera, la afección aparece como una zona porosa que se desprende fácilmente, muy propensa al ataque de insectos xilófagos.

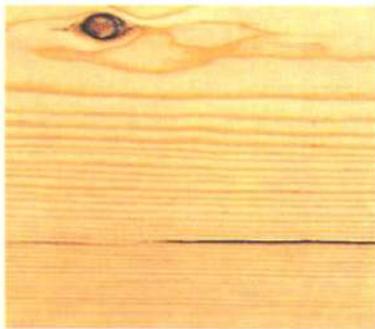


Figura 150

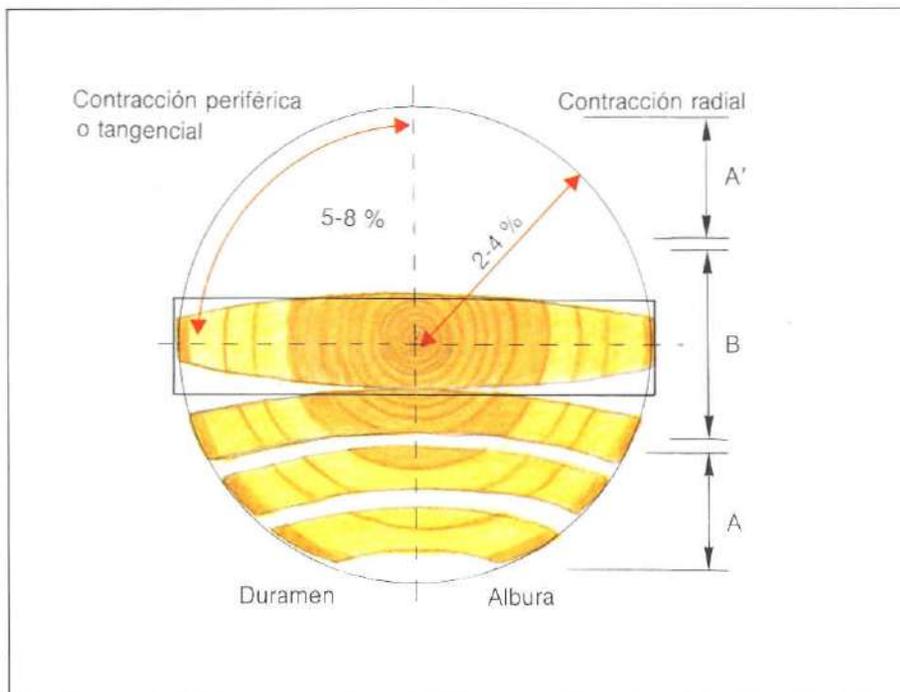
Figura 151

**g) ESTRUCTURA
CON "PATA DE GALLO"**

Esta afección se puede producir tanto en árboles en pie como cortados, manifestándose como grietas dispuestas en ángulo recto o de forma triangular desde

**DEFECTOS DE LA MADERA
MANIPULADA**

Cuando la madera entra en el sistema de producción pasa por un conjunto de procesos que la alteran y modifican tanto en su capacidad anisótropa como hidros-cópica. Todas las características enumeradas anteriormente pueden ser modificadas según el proceso de tala, descortezado, troceado y secado. Por ejemplo, si se corta un árbol en momentos inoportunos se conseguirá tener una madera muy propensa a ser atacada por insectos y mohos. El hecho de no dejarla desecar bien después del talado dará lugar a fendas o rajas radiales. El uso de tablas o tablones con parte de duramen y de albura dará lugar a deformaciones respecto a la rectangularidad de la pieza, pues mientras la parte de albura se encogerá más notable y exageradamente, la zona correspondiente al duramen lo hará menos y mantendrá una mayor estabilidad. A simple vista se puede ver que el duramen es más homogéneo y estructuralmente más estable que la albura (figura 150). Todos estos procesos de contracción por pérdida del agua contenida en su interior



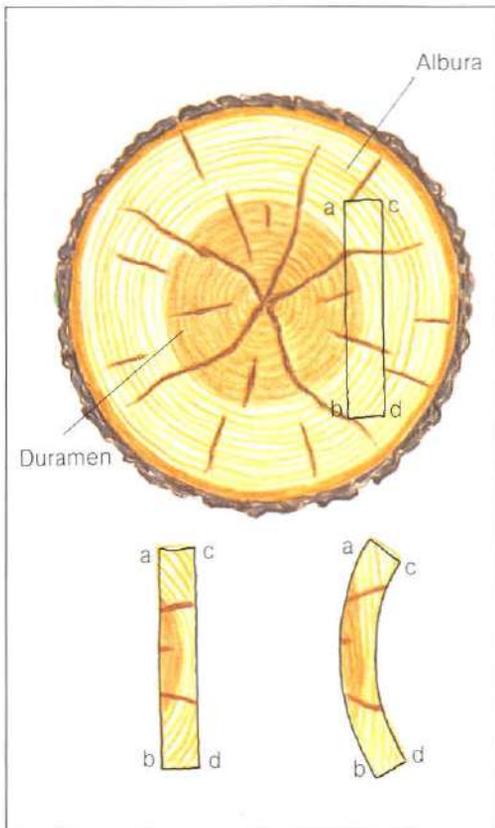


Figura 152

o por la dilatación cuando una humedad ambiente se introduce en el interior de la madera perfectamente seca se denominan el trabajo de la madera.

Este trabajo se produce permanentemente en la madera salvo ciertas excepciones de laboratorio donde es posible mantener una temperatura y una humedad estables en un ambiente libre de insectos y hongos, pero, en general, la madera será un material vivo que, frente a cualquier manipulación, quedará alterado en su estructura.

Deformaciones durante el secado

Aunque en la actualidad se utilizan sistemas de secado altamente sofisticados en que los niveles de humedad y calor se controlan por ordenador, siguen existiendo, aunque en menor grado, los mismos problemas que ofrecían sistemas tan antiguos como el secado al aire libre, es decir, que la constante sigue siendo no conocer las infinitas variaciones que tiene la madera a lo largo de su tronco. La contracción no se produce uniformemente porque la humedad contenida en el tronco está repartida de forma heterogénea. La parte periférica es mucho más porosa, ya que sus vasos linfáticos tienen canales muy gruesos y sufre una contracción mucho mayor que en la parte del corazón

que está más lignificada y más seca. Esta es la razón por la cual las tablas extraídas de un tronco pueden comportarse de diferente manera (figura 151).

Los cortes se han verificado tangencialmente a los anillos, o sea, paralelos al eje. La contracción es mucho mayor en la periferia —llegando a un 8%— que la que se produce en el centro. Este es el fenómeno que curva o alabea las tablas una vez cortadas. Cuanto mayor sea el radio de los anillos anuales cortados, mayor será el alabeo de la pieza. La pieza central disminuye de grueso hacia fuera por ser mayor la merma de la madera de albura. Después del corte, las tablas de un tronco se curvan y presentan la concavidad hacia fuera, adelgazándose también hacia la albura. Lo mejor para evitar todas estas deformaciones en una misma pieza sería cortar el tronco de forma radial, si bien este despiece tiene el inconveniente de que resultaría muy caro, ya que los residuos serían numerosos.

CURVAMIENTO Y ALABEO

Estos movimientos no solamente cambian la dimensión de una pieza de madera sino también su forma, ya que los poros están repartidos según una distribución-árbol y no una distribución-tabla; por ello, la hinchazón y la contracción por los cambios de temperatura y humedad se traducen en curvas y alabeos.

Si se hace un corte paralelo al eje de un tronco para sacar una tabla, ésta se curvará hacia el centro de la albura y su convexidad hacia el lado del duramen (figura 152).

El mayor o menor alabeo dependerá de la especie del árbol y del sistema de aserrado. Si se saca una tabla del corazón, como suele hacerse para obtener la pieza de mayor ancho, se verá que el espesor a la altura del corazón no sufrirá ningún cambio de dimensión, pero en los extremos de la pieza se verá cómo el espesor se reduce hacia la albura (figura 151).

DEFORMACIÓN POR CORTE DE LA PIEZA AL CUARTO

Si se hacen cortes paralelos a los radios medulares se puede obtener una pieza de madera que sufrirá las siguientes alteraciones: la contracción o disminución en la anchura se producirá en aquella zona de mayor porcentaje de albura, mientras que la cara que se mantendrá inalterable será la que contiene gran par-

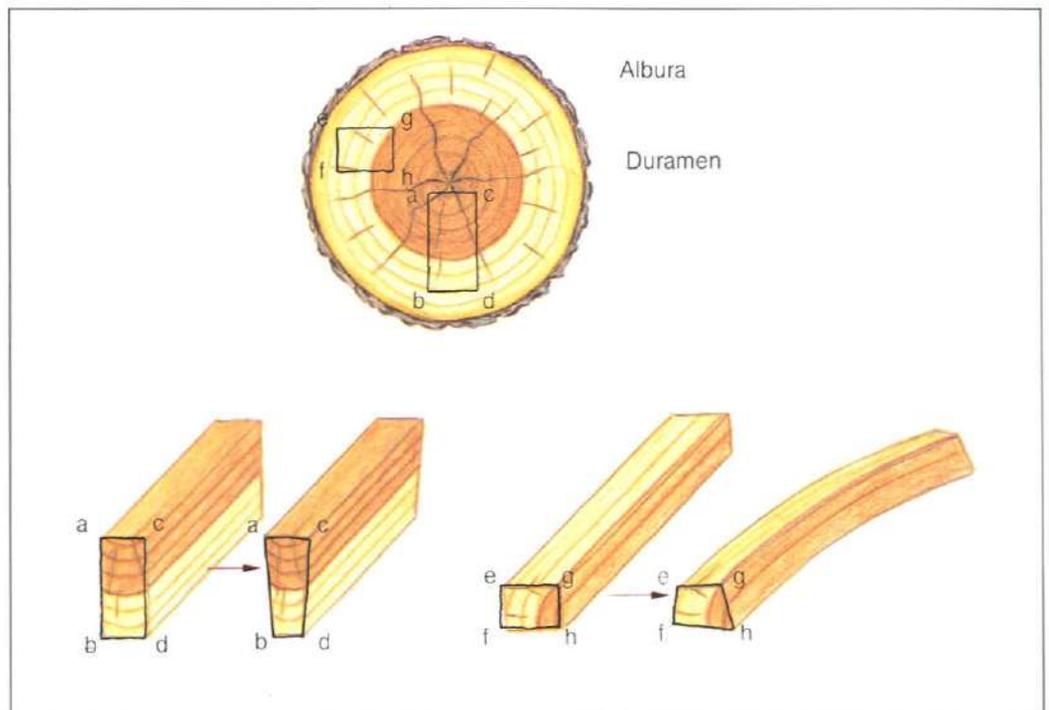
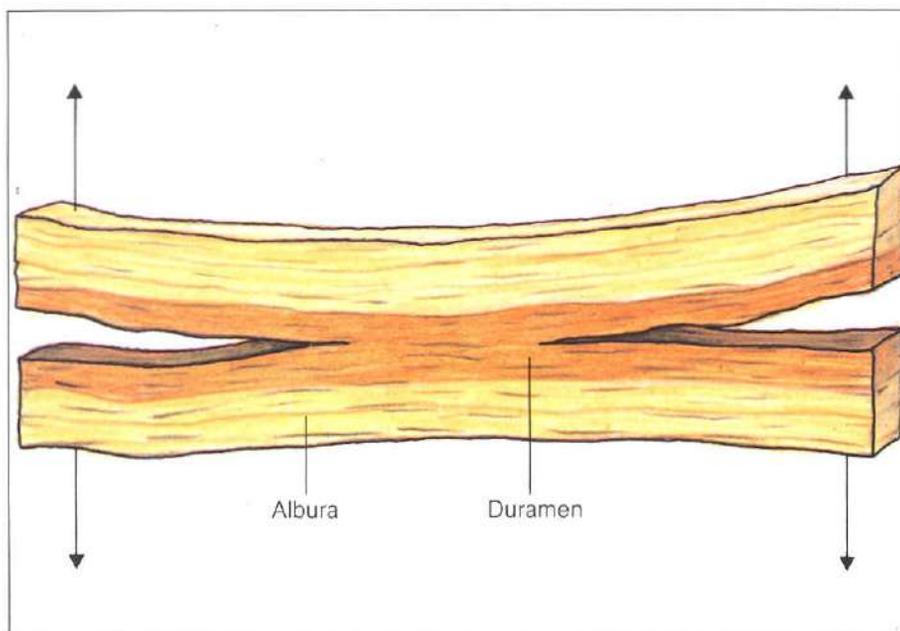


Figura 153

te del duramen. La pieza en su largo no se transformará ni curvará, ya que los puntos "b-a" están en el mismo anillo de crecimiento, y lo mismo ocurre con los puntos "a-c" (figura 153). Si la pieza que se ha de obtener es de sección cuadrada y queda situada dentro de uno de los cuadrantes imaginarios en que se ha dividido el tronco (puntos e-f-g-h, en la figura 153), se obtendrá una pieza que en cada una de sus aristas tendrá un comportamiento diferente con respecto a la compresión y la dilatación. La sección cuadrada quedará transformada en un trapecio irregular que al ser escuadrado generará bastante pérdida; sin embargo, la tendencia a la torsión seguirá latente.

Figura 154



DEFORMACIÓN POR CONTRACCIÓN LONGITUDINAL

Por las mismas razones expuestas, cuando se quiera obtener una tabla aserrada longitudinalmente se producirá una contracción en los cabezales de la pieza más que en su centro. Así, la pieza expuesta a estas dos tensiones se partirá, originándose una gran hendidura en la médula de la pieza, perpendicularmente a la dirección principal del aserrado (figura 154). Ante este defecto, en los aserraderos se tiende a quitar una porción equivalente a una sección grande de costero, para así debilitar una de las tensiones a la cual puede estar afectada una tabla y evitar que se produzcan fendas (figura 155).

HENDIDURA DE UN TABLÓN

Cuando se tiene un tablón que ha sido extraído del tronco mediante cortes paralelos al eje del árbol de modo que el corazón coincide con el centro de la tabla, es muy probable que el cabezal se parta, dado que el núcleo, ya seco, opone muy poca resistencia al alabeo de los bordes, por ello se dirá que la parte que siempre sigue viva en la madera es la correspondiente principalmente a la albura, puesto que esta zona siempre estará más propensa que ninguna a interactuar con el medio y conservar la propiedad higroscópica y anisótropa de la madera.

traccionada. Las deformaciones más frecuentes son la curvatura de ancho, el alabeamiento, la curvatura de canto o la curvatura de plano (figura 157).

Cuidados en la utilización de la madera manipulada

Como ya hemos dicho, la madera conserva su capacidad higroscópica y anisótropa aun después de ser secada, dimensionada y preparada para ser utilizada tanto en obras como en muebles y otras funciones.

Por ejemplo, la presencia de nudos influye notablemente en la resistencia a la tracción de la madera, pudiendo reducirla a valores muy bajos. Por el contrario, no provoca efecto alguno en la resistencia a la compresión, si son nudos firmes y ocupan menos de la tercera parte de la sección del madero. Esto nos aconseja dejar hacia arriba los nudos que pueda tener una viga de madera, es decir, tratar

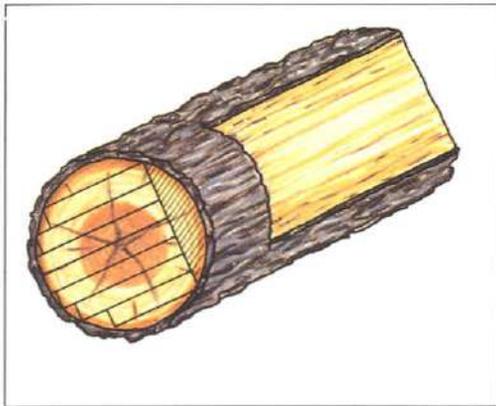


Figura 155

Para prevenir tal peligro, convendrá incrustar alguna pieza metálica en el centro de la sección y así evitar la separación que se producirá en la medida que el ambiente se seque y/o que la temperatura aumente.

HENDIDURA EN SENTIDO RADIAL

Cuando se seca un tronco de madera dura al aire libre se tiende a hendir radialmente y de modo irregular, ya que al quedar los cabezales expuestos a los cambios ambientales, sus fibras aserradas y abiertas serán las zonas más sensibles e higroscópicas de la pieza. Para disminuir tal inconveniente se hace un corte meridiano que divida el tronco en dos partes para que cada una, por separado, pueda absorber mecánicamente los efectos ambientales y así se evite este defecto, que puede llegar a inutilizar gran parte de la masa leñosa de un tronco de grandes dimensiones (figura 156).

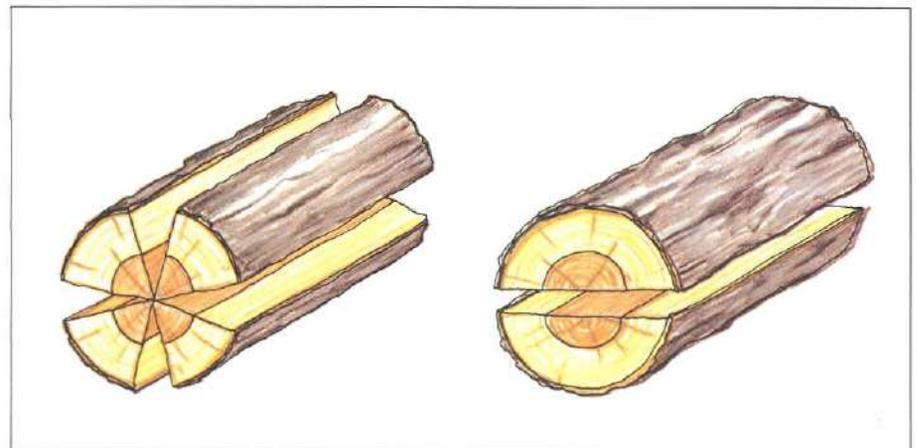
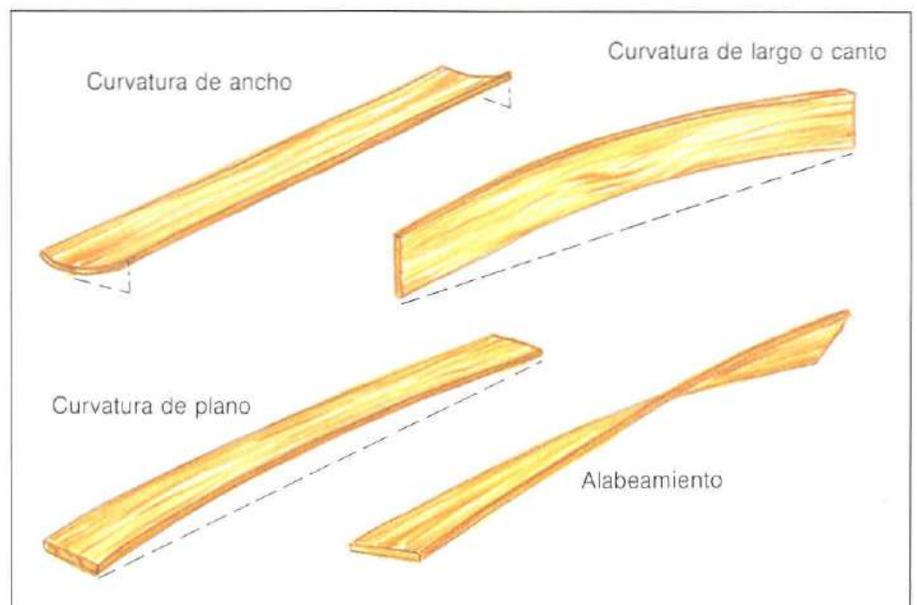


Figura 156

Figura 157

DEFORMACIONES POR UN SECADO DESIGUAL

Una tabla aserrada, labrada, regresada y puesta en obra sigue siendo propensa a sufrir deformaciones por una desecación desigual, ya sea por condiciones externas como internas propias de la anatomía del árbol. Un factor muy importante es el tiempo de secado, de tal manera que la condición de madera seca pueda aplicarse tanto al corazón de la madera como a su corteza, ya que si las fibras que dan al exterior se contraen demasiado mientras que las interiores siguen húmedas se originarían tensiones mecánicas dentro de la estructura de la masa leñosa que terminarían provocando grietas. No son otra cosa que rupturas de la zona superficial por estar fuertemente



de que sólo ocupen su parte comprimida. Por la misma razón, un tablón para andamio, debido a la poca separación entre su zona traccionada y comprimida, y a los riesgos especiales que su uso implica, no debe contener nudos.

La tabla que menos se deforma, y por ello la más apreciada, es la que está en posición radial del tronco, o sea, en dirección hacia su eje. Por esta razón, la madera se prepara para casos muy especiales, como la que se utiliza en la fabricación de determinados instrumentos musicales, cortándose exclusivamente en esa dirección.

En general, debe considerarse también que las maderas, después de colocadas en obra, sufren una deformación lenta durante varios meses, provocada por las cargas permanentes que soportan. Esto es más evidente en los envigados, que trabajan a flexión.

La deformación lenta se produce incluso con cargas diez veces menores que las que ocasionarían su ruptura, en un proceso que se demora unos tres o seis meses, según la especie de madera. La flecha o medida que la viga baja en su centro llegará a ser aproximadamente el doble de la flecha inicial.

Sólo después de este plazo será conveniente colocar, por ejemplo, por debajo elementos como el cielo raso, formado con materiales frágiles como pueden ser las planchas de yeso o las superficies prefabricadas de madera aglomerada.

EFFECTOS DE PARÁSITOS Y HONGOS

Tanto los insectos como los hongos xilófagos son los agentes bióticos que pueden atacar a la madera, ya que, como toda materia orgánica, la madera y sus

derivados podrán degenerarse si las condiciones son las adecuadas para que estos agentes se reproduzcan y causen una total destrucción. Ésta vendrá dada por la dificultad de estos seres para adaptar su medio vital y el de nutrición a un mismo espacio, con la simple rotura o fraccionamiento de este material. La extracción es mecánica y luego transformable en alimento asimilable; también existe la posibilidad de que utilicen los elementos químicos de la madera, los cuales son en su mayoría hidratos de carbono (fundamentalmente celulosa muy resistente) y un tercio de lignina, todavía más difícil de descomponer.

Estos agentes bióticos, que pueden ser bacterias, hongos, insectos y vertebrados terrestres, pueden atacar a la madera tanto en su estado natural de árbol en pie, como ya puesta en obra o convertida en mueble u objeto vario.

Efectos y acción de los hongos

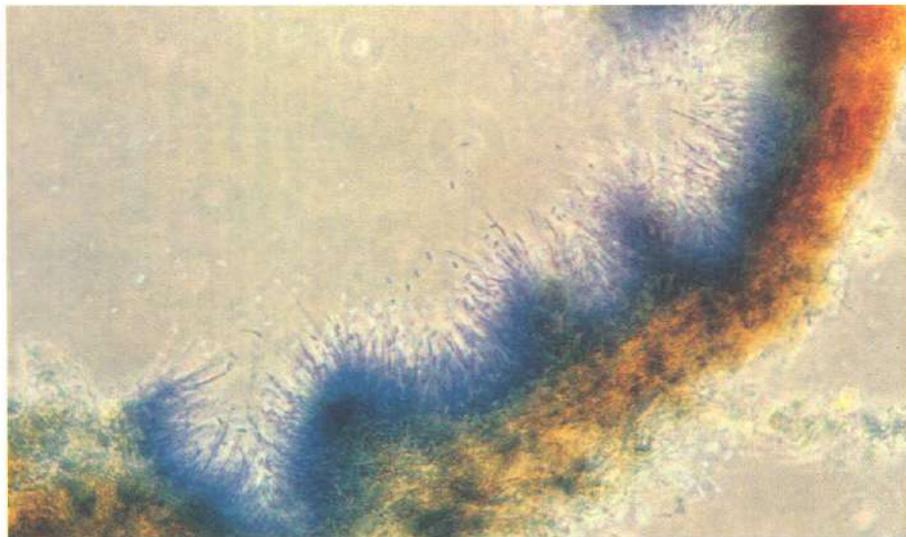
Los hongos son vegetales que no poseen tallo, ni raíz, ni hojas, cuyo cuerpo vegetativo está constituido por filamentos microscópicos llamados hifas (*figura 158*). También están desprovistos de clorofila, por lo que no son capaces de elaborar sustancias orgánicas a partir del anhídrido carbónico, el agua y la energía solar, teniendo que alimentarse de compuestos orgánicos ya existentes, que transforman en sustancias más elementales con la ayuda de enzimas producidas por ellos mismos. Para que se desarrollen los hongos son necesarias una serie de condiciones básicas, como: la disponibilidad de humedad en cantidades adecuadas, la disponibilidad de oxígeno, una temperatura apropiada y una fuerte infección.

Los hongos que pueden llegar a degradar la madera se clasifican en los siguientes tipos: hongos xilófagos y hongos cromógenos.

HONGOS DE PUDRICIÓN O XILÓFAGOS

Son aquellos organismos que fabrican enzimas capaces de degradar a todos o algunos de los componentes de la madera, como la lignina, la celulosa o la hemicelulosa, que en su mayoría constituyen la pared celular de la masa leñosa. Bajo ciertas condiciones de humedad y acidez metabolizan los citados elementos consiguiendo así la energía y los elementos necesarios para su crecimiento. Estos orga-

Figura 158



nismos transforman la apariencia de la madera (varía de color), la estructura y la textura (disminuye de peso al hacerse más porosa, varía su conductividad eléctrica y térmica y hay un mayor descenso de las propiedades físico-mecánicas), lo cual puede llegar a destruir construcciones ya en pie, produciéndose una degradación no sólo de la madera directamente afectada sino también de los restantes materiales que la rodean (figura 159).

La forma en que se propaga este hongo de la pudrición es mediante esporas microscópicas que se transmiten por contacto directo de las maderas, por lo que cuando se apilan para el secado es muy importante que se separen unas piezas de otras (especialmente si son coníferas), ya que estarán expuestas, principalmente en los cabezales, donde los vasos y fibras están abiertos, a cualquier ataque de hongos por aumento de humedad u otras variaciones del ambiente (figura 160).

Las condiciones óptimas en que se desarrollarán estos hongos serán:

— Una humedad superior al 20 % para conseguir la despolimerización enzimática de cargas moleculares.

— Una cantidad de oxígeno suficiente para que el hongo, que es anaeróbico, pueda respirar.

— Una temperatura entre 5 °C y 35 °C.

— Un Ph de 4-5 de reacción ácida permitirá un óptimo desarrollo y rápido crecimiento del hongo.

Clases de pudrición

Las pudriciones también tendrán su clasificación, según el efecto que causan en la madera y la apariencia que ésta toma, distinguiéndose principalmente dos clases:

a) Pudrición blanca. Los hongos tienden a atacar la lignina y respetar la celulosa. El nombre viene dado por la reacción del propio material leñoso, que adquiere un color blancuzco (figura 161). Por lo general, este tipo de pudrición es más común en las frondosas, ya que poseen mayor cantidad de lignina. En definitiva, la pudrición blanca o seca lo que produce es una putrefacción de la savia bajo la acción de los hongos, y si se quiere evitar su prolongación se tendrá que cambiar la madera a un lugar más seco, ya que el cambio de medio ambiental es suficiente para evitar que la pudrición continúe. Esta pudrición disminuye o anula la resistencia de la madera a la contracción.

b) Pudrición parda. Los hongos afectan únicamente a la celulosa y a la hemice-

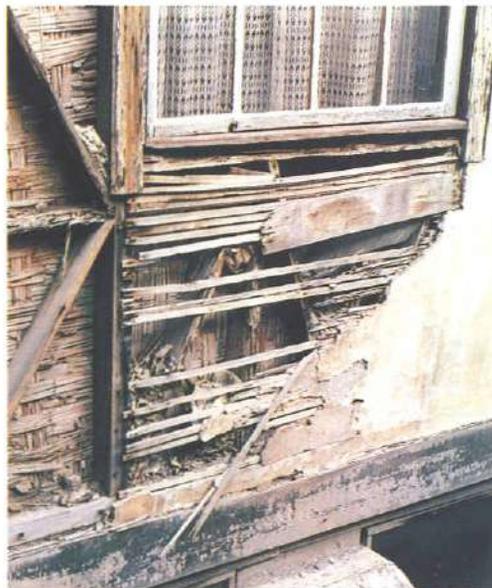


Figura 159

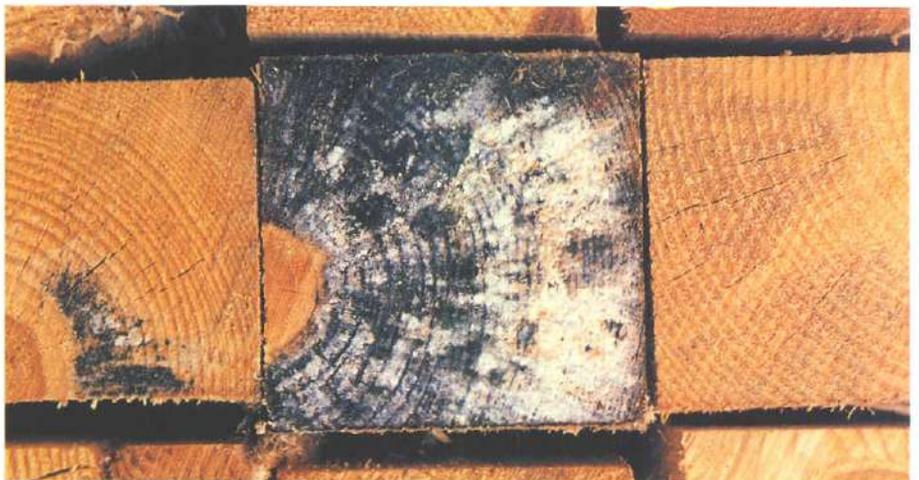


Figura 160

lulosa sin tocar a la lignina. Así se produce la descomposición de los cuerpos albuminoides de la savia. Esta pudrición se da principalmente en los árboles apeados, cuando los troncos permanecen mucho tiempo sin descortezar y en contacto los unos con los otros, sin que circule el aire. La madera atacada por esta enfermedad toma coloraciones distintas precisamente según la especie, siendo azul en el pino, rojo en el abeto y pardo en la encina (figura 162).

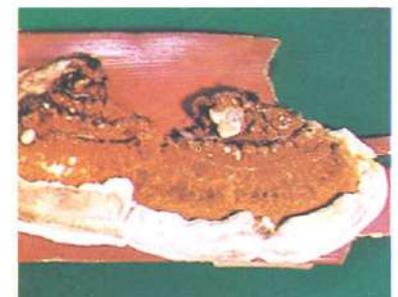
En este caso, el hongo desarrolla un doble proceso para conseguir alimento: primero oxida las vetas de hierro de la madera y luego actúa normalmente, es decir, utilizando enzimas para extraer alimento y energía de la madera.

Una de las características de esta pudrición es que la madera, en un principio, conserva su estructura celular exterior, y como consecuencia de la disminución de volumen aparecen fendas en el proceso de construcción en la dirección de las fibras y de los radios leñosos, así como a



Figura 161

Figura 162



lo largo de los anillos de crecimiento, de tal forma que la madera se disgrega en trazos cúbicos (figura 163). En su última fase se reblandecen las paredes celulares, y la madera, coloreada de oscuro, se reduce fácilmente a polvo.

Este hongo afecta principalmente a la madera de la familia de las coníferas a causa de la mayor cantidad de hemicelulosa presente en este tipo de madera. Esta madera podrá utilizarse en la construcción con tal que se asierre inmediatamente al presentar los síntomas anteriores, y su empleo debe efectuarse únicamente en lugares secos y bien ventilados, aunque hay que tener presente que esta afección reduce la resistencia de la madera a la tracción.

sentan cierta importancia en relación con la madera puesta en obra, siendo sus mayores defectos e inconvenientes:

a) Incremento de la permeabilidad, lo que aumenta la higroscopicidad de la madera pudiéndola saturar de agua.

b) Descenso de las propiedades físico-mecánicas en un 16 % a tracción, 20-25 % a compresión y 17 % a flexión, si la madera tiene aproximadamente un 75 % de su superficie con hongos cromógenos del tipo azulado (figura 165).

Las condiciones de vida para estos organismos son tan diversas que los podemos encontrar en un rango de temperatura que fluctúa entre 5 °C y 35 °C, y en ambientes con una humedad entre el 18 % y el 140 %.

HONGOS CROMÓGENOS

Al igual que el moho, son organismos incapaces de alimentarse de los principales componentes de la pared celular, celulosa o lignina, por lo que no producen pérdidas significativas en la resistencia de la madera. Las hifas o filamentos microscópicos del moho son generalmente incoloros y, por consiguiente, su crecimiento sólo se percibe cuando se forman esporas en la superficie de la madera. En cambio, los hongos cromógenos, como su propio nombre indica, producen coloraciones en la madera, ya que sus hifas son pigmentadas, o producen pigmento en los radios leñosos, pudiendo ser de color azulado, verde, rojizo o muy amarillo, como, por ejemplo, se produce en algunos castaños atacados por este parásito vegetal, en los que la corteza queda invadida por manchas y erupciones amarillas (figura 164).

Entre las diferentes especies, tan sólo los denominados hongos azulados pre-

Efectos y acción de los insectos xilófagos

Muchas especies de insectos ponen sus huevos en la madera, de la cual se nutren luego sus larvas. Toda esta actividad se reconoce principalmente por la existencia de perforaciones en la madera y de galerías en su interior. Los insectos suelen penetrar en las maderas que han permanecido mucho tiempo sin descortezar, después de ser abatidas.

La madera atacada, generalmente, muestra como evidencia una superficie agujereada o galerías minúsculas que han sido taladradas tanto por las larvas como por el insecto adulto. Las larvas completan su desarrollo dentro de la madera, y los orificios que vemos en una madera afectada los hacen los adultos al salir, tanto de la madera abatida como de la madera ya elaborada (figura 166).

Estos orificios de salida serán diferentes de acuerdo con el insecto que los provoque, siendo este uno de los factores más importantes dentro de la identificación del agente agresor. También ayudan en esta identificación la forma de la galería, la presencia o ausencia de serrín y el color y las dimensiones de las pelotillas fecales.

En el ámbito de la construcción, los insectos que causan más daño son los coleópteros xilófagos, mientras que en las zonas más cálidas son las termitas las más temidas.

En general, el mayor daño producido es el causado por las larvas, ya que se tienen que alimentar de fibras de las féculas que contiene el leño, especialmente el almidón, perforando principalmente en la zona de la albura. Algunas de estas larvas se alimentan tanto del árbol vivo como del que ya ha sido derribado. El ataque será



Figura 163

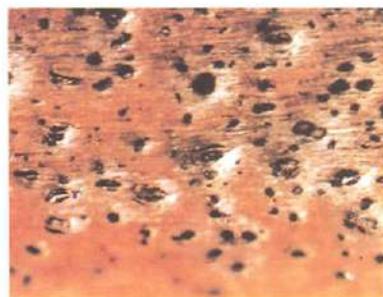


Figura 165

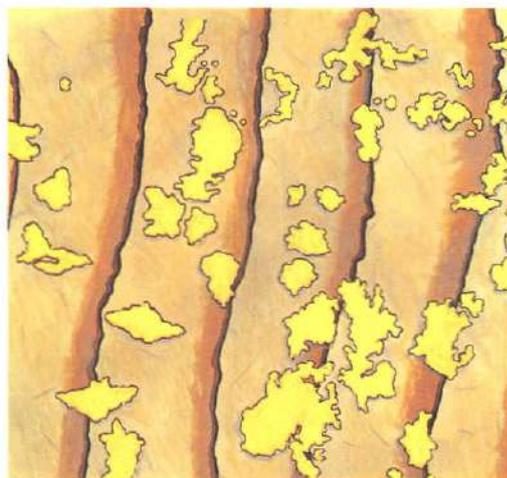


Figura 164



Figura 166

independiente del grado de humedad que tenga la madera, siendo la previa fumigación y protección química la única solución para proteger las piezas de madera. A continuación, se detallan algunos de los insectos xilófagos más destructivos.

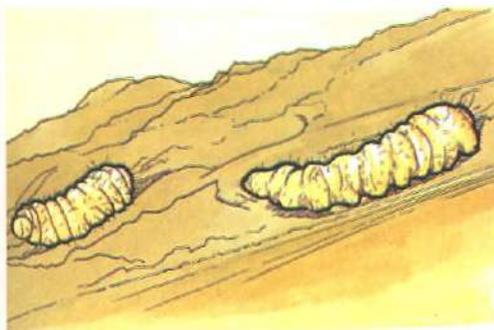
CARCOMA GRANDE

Este coleóptero ataca principalmente la albura de las coníferas, y en especial aquellas que tienen poco duramen, como



Figura 167a

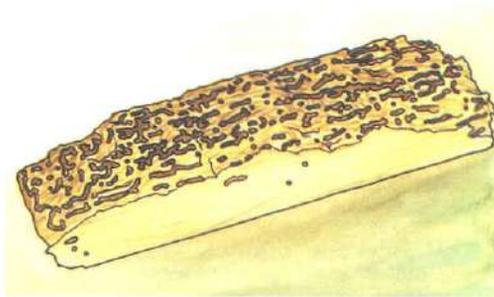
Figura 167b



pueden ser abetos y piceas, destruyendo por completo estos árboles, mientras que en las coníferas con más duramen, como pueden ser pinos y cedros, el daño producido es parcial. El ciclo vital de este insecto puede estar comprendido entre 3 y 11 años, alcanzando una dimensión como adulto de 8 a 20 mm (*figura 167a*), y un color pardo negruzco y con dos grandes antenas, mientras que la larva tiene una longitud de 13 a 30 mm (*figura 167b*) y un diámetro de 6 mm. Los orificios de salida por medio de los cuales se puede identificar tienen de 5 a 7 mm, con una sección oval. Estos insectos vuelan y la hembra puede colocar cada vez 200 huevos en las grietas superficiales de la madera, de los que, al cabo de una a tres semanas, nacen las larvas, que se mantendrán en el interior de la madera durante la mayor parte de su vida, hasta el estado adulto.

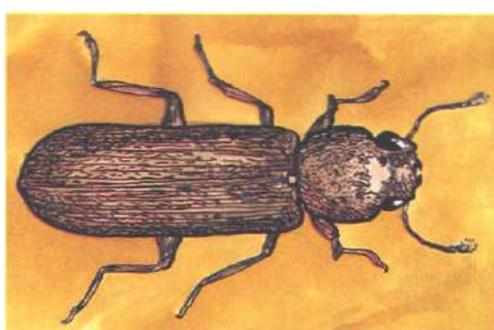
POLILLA

Los daños producidos por esta especie se limitan a ciertas frondosas que poseen vasos de un diámetro igual o superior a 0,07 mm, y que presentan un contenido mayor al 3 %, más una humedad entre el 6 % y el 32 %. Si se dan estas condiciones, este coleóptero será muy dañino. La hembra depositará entre 20 y 40 huevos en cada puesta, eligiendo los poros de la madera para esta función. A los ocho o catorce días saldrán unas larvas blanquecinas de 4 a 6 mm de largo, y siendo ya insecto adulto tendrán de 3 a 6 mm (*figura 168*). Las larvas perforan galerías parale-



Efectos de la carcoma

Figura 168



Excrementos de oruga en una piña de un pino atacado por una oruga xilófaga



las a la fibra de la madera, donde van acumulando sus excreciones en forma de serrín fino de consistencia similar a la del polvo de talco. El ciclo vital es de un año aunque puede reducirse a 3 o 4 meses si, especialmente, la temperatura no es favorable. Es muy difícil prever el ataque de la polilla antes de que haya evidencias. La reinfección se produce de forma muy rápida, por lo que la inmediata acción fumigadora será muy importante.

CARCOMA

Este coleóptero ataca especialmente la albura de las coníferas y de las frondosas, y en algunas ocasiones el duramen si éste tiene algún indicio de pudrición. Son pequeños coleópteros de 3 a 9 mm de longitud en estado adulto (*figura 169a*), mientras que siendo larva tienen de 4 a 6 milímetros (*figura 169b*).

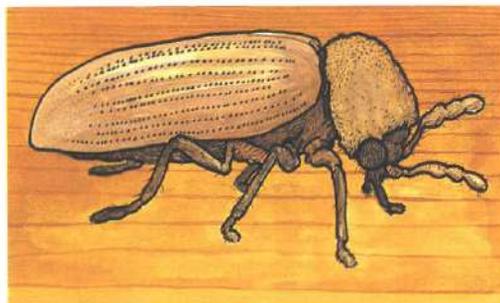


Figura 169a

Figura 169b

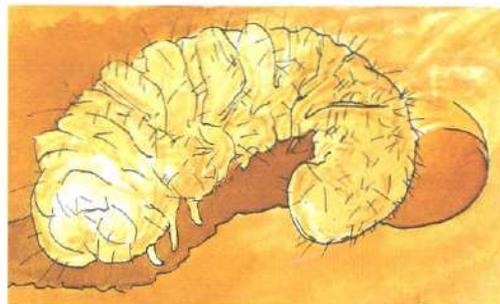


Figura 170



Las hembras realizan puestas numerosas, de 40 a 50 huevos, en las grietas superficiales, los cuales al convertirse en larva perforan galerías de 1 a 2 mm de sección circular, dejando tras de sí una mezcla de serrín y excrementos de mayor granulometría que la polilla.

El ciclo larvario es de 1 a 3 años, apareciendo los insectos adultos por orificios de 1,5 a 3 mm de diámetro.

El ataque de las sucesivas generaciones se revela por la aparición de numerosos montoncitos de serrín, que las larvas evacúan al exterior por los antiguos orificios. Las larvas no se pueden desarrollar con una humedad inferior al 60 %. Por ello, la sequedad que producen las calefacciones centrales y la ausencia de enfriamiento invernal constituyen un buen método de protección.

TERMITA

Estos insectos tienen una organización social muy parecida a la que se da en las hormigas y las abejas, es decir, forman colonias agrupadas alrededor de una pareja real que se limitará a la puesta de huevos, dándose el caso de que en algunas especies se llegan a colocar 4.000 huevos diarios, de los que saldrá una ninfa joven no diferenciada para después ser un alado macróptero, luego un soldado, un obrero y finalmente un miembro sexuado-funcional.

Las termitas hacen sus nidos en la tierra, donde encuentran una atmósfera húmeda que les es imprescindible, así como una temperatura moderada y casi constante. Desde aquí construyen numerosas galerías que les permiten llegar a la madera, que en definitiva es su alimento (tanto la albura como el duramen), de la mayoría de las frondosas y de las coníferas. La termita puede llegar a tener un tamaño de 4 a 6 mm (*figura 170*). La presencia de las termitas en la madera se caracteriza por la existencia de cavidades paralelas que siguen la fibra, cubriendo la superficie con un tapiz constituido por saliva, excrementos y partículas de madera, por lo que se hace muy difícil conocer su presencia hasta que los daños son de cierta importancia.

ABEJA CARPINTERA

Es un insecto alargado con antenas filiformes y un potente taladro con el que va produciendo galerías que aumentan de anchura en la medida que aumenta el

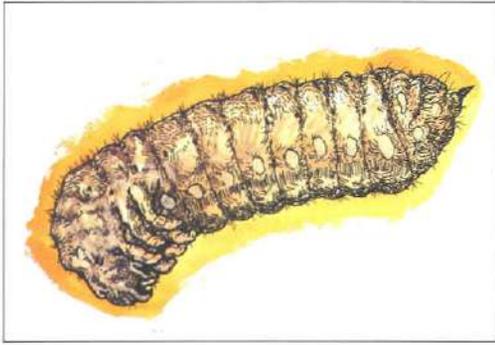


Figura 171a

Figura 171b



desarrollo de la larva, la cual puede llegar a medir 30 mm de largo (figura 171a), mientras que el insecto adulto tendrá de 15 a 30 mm (figura 171b). Esta abeja puede ser de color azul metalizado o negra y amarilla.

Otros agentes que deterioran la madera

Existen otros insectos xilófagos que también se alimentan de la madera, como el gusano negro, la hormiga carpintera, la hormiga blanca y la mariposa carpintera, aunque los señalados anteriormente corresponden a los depredadores de la madera más importantes a nivel de insectos. Tampoco hay que olvidar que existen numerosas aves que picotean los troncos en busca de insectos xilófagos y, al hacerlo, también dañan o producen heridas en las cuales se podrán alojar futuros insectos u hongos. Algunos rumiantes, como ciervos, cabras y ovejas, y con mayor frecuencia los roedores, como liebres, conejos y ratas, también producen heridas en la corteza del árbol.

Existen algunos moluscos que también atacan toda madera empleada en aguas saladas, cumpliendo una función de embarcadero, dique o empalizada marina. Este tipo de moluscos no resiste el agua dulce y para destruirlos basta llevar las embarcaciones afectadas a un río.

Riesgos de deterioro en la madera puesta en obra

Los riesgos de ataque por agentes bióticos a que se encuentra sometida una madera dependen, fundamentalmente, de las condiciones de su puesta en obra.

En líneas generales, el factor determinante para el desarrollo de diferentes organismos xilófagos es la humedad de la madera. Así pues, podemos establecer las siguientes categorías de riesgo:

a) Sin riesgo de humedad. La madera se mantiene con la humedad que tenía en el momento de la instalación y siempre por debajo del 20 %. Salvo excepciones, el riesgo de pudriciones y ataque de termitas no existe. Sin embargo, cabe la posibilidad de que se desarrollen insectos xilófagos (carcomas).

b) Riesgo de humedad accidental. Este riesgo existe cuando hay la posibilidad de una humidificación accidental de la madera, por condensaciones o fugas de agua, que origina un riesgo potencial de ataque de hongos y termitas si la ventilación no es adecuada. El riesgo de ataque de insectos xilófagos se mantiene.

c) Riesgo de humedad intermitente. La madera está expuesta a oscilaciones del contenido de humedad por encima del 20 % y, por lo tanto, hay una predisposición a pudriciones y ataques de insectos xilófagos.

d) Riesgo de humedad permanente. La madera se encuentra en las condiciones más desfavorables en cuanto a su conservación, permaneciendo constantemente con su contenido en humedad por encima del 20 %, que implica un riesgo permanente de pudrición y ataque de termitas.

Según este criterio de categorías de riesgo se ha elaborado el cuadro XVII, que muestra el grado de exposición al cual están enfrentadas las diferentes funciones que puede cumplir la madera dentro de una casa o en una construcción habitacional.

El análisis de resistencia de la madera también se puede hacer con respecto a

Cuadro XVII

Categoría A:	Parqués, escaleras interiores, entarimados, puertas, viguería, rodapiés, paredes de madera, revestimientos, muebles
Categoría B:	Maderas próximas a desagües, cubiertas, armaduras de tejados, etc.
Categoría C:	Carpintería exterior, revestimientos, marcos de persianas, puertas de exterior, pérgolas, pórticos, mobiliario de jardín, etc.
Categoría D:	Pilares, cercas, empalizadas, pilotes, sótanos, bodegas, traviesas de ferrocarril, etc.

MADERAS FRONDOSAS										
Nombre comercial	Hongos de pudrición		Termitas		Carcoma		Polilla		Carcoma grande	
	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
Castaño	O	XX	O	X	O	XX	O	XX	XX	XX
Haya	O	O	O	O	O	O	XX	XX	XX	XX
Fresno	X	XX	O	O	O	O	O	XX	XX	XX
Chopo	O	O	O	O	O	O	XX	XX	XX	XX
Roble albar	O	XX	O	O	O	XX	O	XX	XX	XX
Rebollo	O	XX	O	O	O	XX	O	XX	XX	XX
Roble común	O	XX	O	O	O	XX	O	XX	XX	XX
Olmo	X	X	O	O	O	XX	O	XX	XX	XX
Eucalipto	O	X	O	O	—	—	O	XX	XX	XX

A = Albura; D = Duramen; O = no resiste; X = resistencia media; XX = resistente.

Cuadro XVIII

Cuadro XIX

MADERAS CONÍFERAS										
Nombre comercial	Hongos de pudrición		Termitas		Carcoma		Polilla		Carcoma grande	
	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
Abeto blanco	O	O	O	O	O	O	XX	XX	O	O
Pino piñonero	O	X	O	X	O	XX	XX	XX	O	XX
Pino silvestre	O	X	O	X	O	XX	XX	XX	O	XX
Pino insignia	O	X	O	X	O	XX	XX	XX	O	XX
Pino de Oregón	X	XX	O	O	O	XX	XX	XX	O	XX
Tuya	XX	XX	O	O	O	XX	XX	XX	O	XX

A = Albura; D = Duramen; O = no resiste; X = resistencia media; XX = resistente.

la madera viva, es decir, analizando los árboles en pie según sea su condición de frondosa o conífera. De esta manera se los podrá comparar ante el efecto de los principales insectos xilófagos anteriormente descritos, de los que se presenta una relación en los cuadros XVIII y XIX.

EFFECTOS CLIMÁTICOS Y HERIDAS VARIAS

Toda la madera elaborada expuesta a las condiciones climáticas del medio sufrirá transformaciones, como también el árbol en pie puede sufrir influencias dañinas de la lluvia, el viento, un rayo o un incendio, cuyas consecuencias pueden

Figura 172



verse acentuadas por el previo ataque de hongos, insectos o animales roedores.

El principal daño sufrido por un árbol en pie es que se produzca un descortezamiento por la caída de un árbol sobre otro o por cualquier otra causa externa.

Básicamente, estos agentes abióticos o físicos de deterioro y degradación de la madera se pueden resumir en los siguientes puntos:

Efectos del agua y de la humedad

Según el sistema de ataque del agua a la madera, consistente en acceder a la estructura interna repleta de huecos, impregnando inicialmente las paredes de los conductos para posteriormente llenarlos por completo. Este proceso se desarrolla en la madera hasta que se llega a un punto de saturación de las fibras que corresponde a un grado de humedad que puede oscilar entre el 28 % y el 32 %. En este momento de saturación se produce la hinchazón de los vasos, destruyéndose la estructura interna de la masa leñosa, así como también se producen deformaciones y diferencias dimensionales. Es importante subrayar que una madera apeada, como puede ser una tabla, será



Figura 173

más propensa a absorber agua y humedad por sus lados aserrados, donde se han cortado transversalmente sus vasos y fibras (figura 172). Para evitar esta degradación, en piezas de madera que serán usadas en medios climáticos desfavorables se les suele impermeabilizar sus cabezales para así disminuir la capacidad higroscópica de las piezas ya dimensionadas (figura 173).

Por otro lado, se debería tener en cuenta el tipo de madera que se utilizará o, en cualquier caso, la especie a la que pertenece, ya que si una pieza dimensionada contiene mucha albura en su masa leñosa será más permeable a la humedad que otra constituida básicamente por duramen. Las propiedades mecánicas para variaciones entre el 0 % de humedad y el punto de saturación de la pared celular disminuyen, en general, al aumentar la humedad y, lo contrario, al disminuir ésta. A este respecto se establecen las propiedades mecánicas óptimas de la madera para valores de humedad que oscilen entre el 12 % y el 18 %. Finalmente, hemos de señalar que humedades de la madera superiores al 20 % favorecen el desarrollo de pudriciones y la descomposición de la masa leñosa.

Efectos de la luz

También se denomina insolación a este daño en la madera, donde la luz del sol a través de sus rayos ultravioleta incide sobre la superficie leñosa afectando preferentemente a la lignina, la cual es prácticamente destruida, quedando la pared celular de la madera sin impermeabilizante ni elemento cohesionador de las fibrillas de la celulosa.

Este ataque directo a la lignina provoca, al cabo de un cierto tiempo, un cambio en la coloración superficial de la

madera, volviendo el tono grisáceo, conocido como fotodegradación. Conforme actúan los rayos ultravioleta la cantidad de lignina se va deteriorando e incluso, con la ayuda del viento y el agua de lluvia, desaparece por completo provocándose el desfibramiento superficial de la madera, el cual unido a su decoloración determina el deterioro real de ésta (figura 174). La superficie puede, además, recubrirse de moho, dando a la madera la coloración grisácea o negruzca cuando las condiciones de humedad lo permiten. Los tejidos menos densos, es decir, la madera de primavera, son más atacados que los del verano, lo que origina los típicos dientes de peine en la madera vieja.

Como dato de referencia se indica que una madera expuesta plenamente a la intemperie pierde aproximadamente 6,25 milímetros de su masa leñosa después de algunos años de exposición a la intemperie. El efecto de la luz solar, en la mayoría de los casos, precede a la acción del viento y la lluvia, ya que los rayos ultravioleta arrugarán y agrietarán la su-

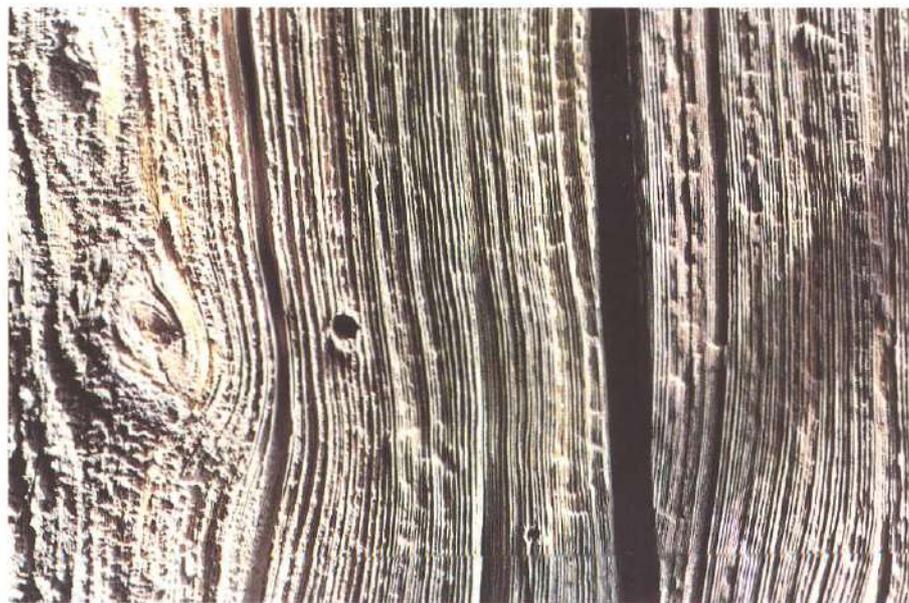


Figura 174

perficie de la madera dejando la materia abierta para el acceso de la humedad.

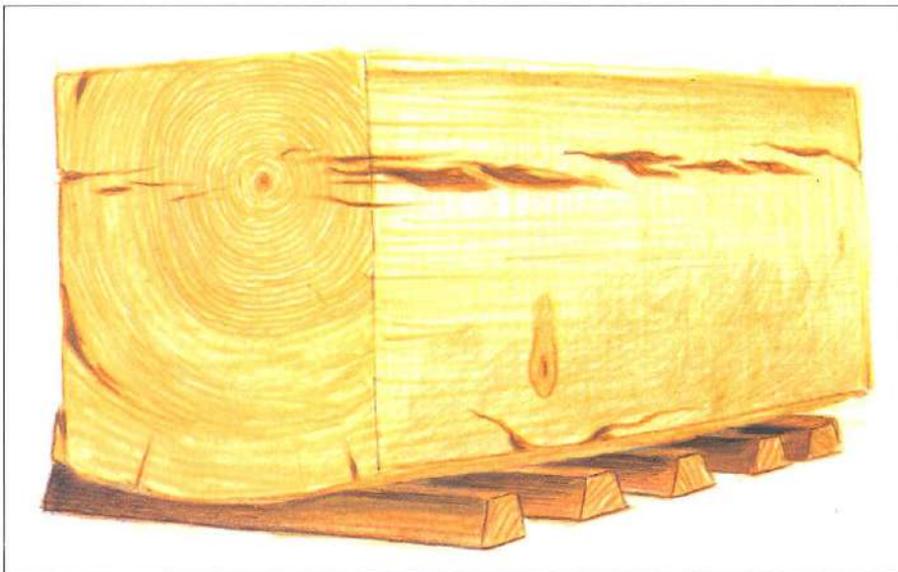
Efectos del fuego

Hay que aclarar cierto criterio mal entendido con respecto a la capacidad incombustible de la madera, ya que aunque la madera arde tiene un mejor comportamiento y una mayor resistencia al mismo fuego que, por ejemplo, la del acero y la del hormigón. Y lo que interesa en construcción es principalmente la resistencia al fuego. Las cualidades exigibles a los materiales frente al fuego no pueden considerarse por ellas mismas, sino como aportación a un sistema conjunto de seguridad que actúa dentro de una construcción, y la resistencia al fuego de un material será el tiempo durante el cual dicho elemento es capaz de permanecer cumpliendo su función, y en este sentido la madera se comporta bien.

Efectos de los cambios de temperatura

Las repentinas oscilaciones de la temperatura no pueden ser seguidas por la madera ya que su capacidad de contracción o dilatación es sobrepasada por las variaciones del entorno ambiental. Esta falta de adaptabilidad origina con toda seguridad la aparición de fendas o grietas, que serán causa de deterioro de las características físico-mecánicas de la madera. Estas fendas se producirán en el sentido longitudinal de las fibras y también, en la periferia de la pieza, otras alteraciones se generarán en el sentido radial de las fibras, hacia el corazón mismo de la masa leñosa.

Figura 175



Este efecto se produce, básicamente, en la madera descortezada y que todavía no ha sido troceada, de manera que se comporta como un árbol que se ha quedado sin corteza (figura 175).

Efectos de heridas en el árbol en pie

Se pueden reconocer dos afecciones que usualmente sufren los árboles sin que estas heridas representen un daño muy importante, ya que en ciertos casos estos accidentes son de carácter cíclico incorporados al desarrollo del árbol, como pueden ser lo que se denomina lagrimales, que se forman cuando se pudre o se desgaja una rama, circunstancia normal en un árbol que está expuesto a situaciones tan cotidianas como un viento fuerte, aves que arrancan ramas para sus nidos o la simple muerte de una rama por cambios estacionales o problemas de circulación de la savia. Cuando se desgaja una rama deja un hueco por donde se filtra

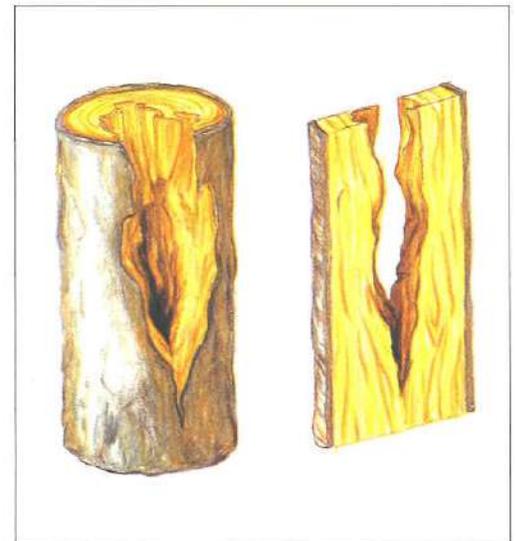


Figura 176

Figura 177



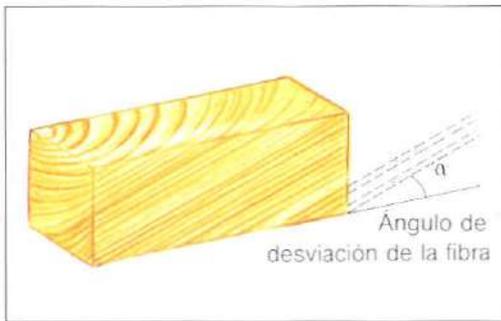


Figura 178

agua de lluvia, que, juntamente con la savia, corrompe las paredes leñosas inmediatas (figura 176).

También se pueden producir tumores en la superficie del tronco, que aparecen como úlceras causadas por efecto de algún golpe de donde se desprende savia corrompida, que produce nudos defectuosos (figura 177).

Estos golpes podrán ser tanto naturales como producidos por el hombre, por lo que clavar un objeto en un árbol puede desencadenar esta degeneración.

DEFECTOS Y TENSIONES ADMISIBLES

En general, las tensiones básicas de la madera pueden considerarse como tensiones admisibles únicamente bajo ciertas condiciones ideales de trabajo y calidad de material. Raramente, por su origen orgánico, la madera es perfecta, y sus defectos son variados, como se explicita en los puntos anteriores. Tampoco coincidirán el grado de humedad y la duración de la carga con las que sirven de referencia en las tensiones básicas (12 % y duración permanente). Para poder analizar cómo todos estos factores influyen negativamente en las tensiones admisibles se deberá tener en cuenta la calidad de la madera y sus particularidades que, siendo defectos para el objeto de la construcción, serán las principales responsables de las roturas de apoyo (los nudos, la desviación de la fibra, las fendas y acebolladuras, entre otros).

Todas estas particularidades suponen una disminución de la resistencia de la pieza. Por lo que se pasará a analizar la influencia de cada una de ellas.

Efecto de desviación de la fibra

Dado que la tensión de rotura de la madera, para cualquier tipo de solicitación, depende de la dirección de los esfuerzos

con relación a la orientación de sus fibras y teniendo en cuenta que las tensiones básicas se refieren a direcciones paralelas o perpendiculares a ellas, se deduce que cualquier desviación producida en la alineación de la fibra repercutirá en la resistencia.

Para medir la desviación de la fibra se valora la pendiente de la línea media de desviación en una superficie de corte radial, con relación a una arista (figura 178).

Cuanto más paralelas o perpendiculares estén las aristas a la pieza de madera, mayor podrá ser su grado de resistencia como masa homogénea.

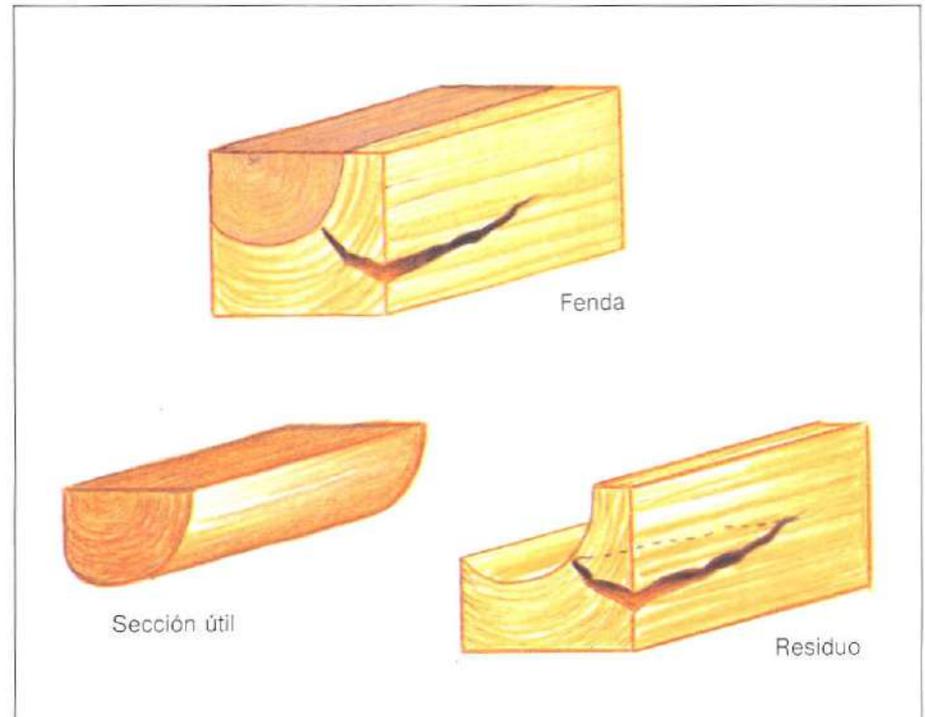


Figura 179a

Efectos de fendas y acebolladuras

Como la fenda es una grieta o fisura longitudinal que se extiende cortando los anillos de crecimiento y la acebolladura es una grieta o fisura que separa a los anillos de crecimiento, se produce una reducción en ambos casos de la superficie efectiva de la sección, principalmente en lo que se refiere a su resistencia al esfuerzo cortante (figura 179a y 179b).

De ahí que su ubicación más desfavorable corresponda a las zonas donde las tensiones tangenciales son mayores. Es decir, las secciones próximas a los apoyos y las fibras cercanas al centro de gravedad de la sección.

La influencia en una pieza de madera tanto de una fenda como de una acebolladura dependerá del tipo de solicitación a la que esté expuesta, siendo las más importantes las siguientes:

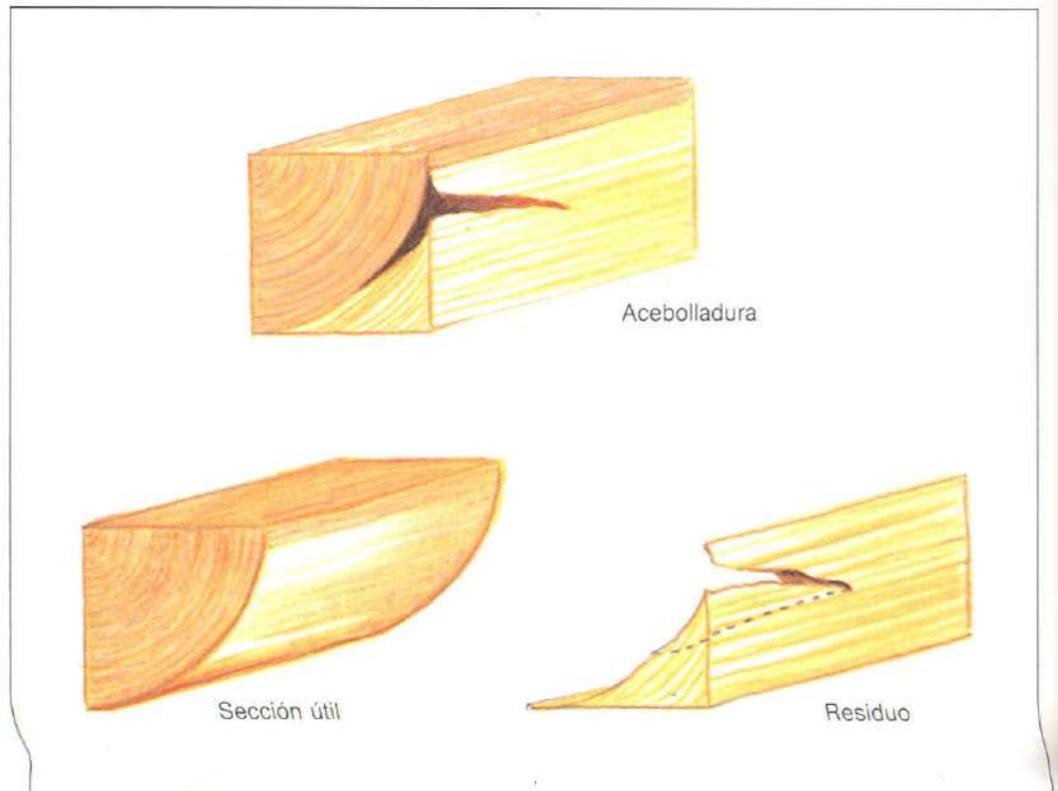


Figura 179b

SOLICITACIÓN POR TRACCIÓN

Cuando actúa según la dirección de las fibras, la presencia de fendas y acebolladuras no disminuye la resistencia de la pieza. Si, por el contrario, el esfuerzo se dirige perpendicularmente a la fibra hay que descontar de la sección la superficie correspondiente a estos defectos.

Efectos de los nudos

Los nudos disminuyen la resistencia de las piezas de madera al producir en ellas los dos defectos siguientes:

a) Pérdida de homogeneidad de la sección al encontrarse un tejido cuya dirección de las fibras es diferente a la de las fibras del fuste del árbol y que, por tanto, difieren en sus condiciones de resistencia y trabajo. Este defecto es, en muchos casos, equivalente a una disminución de la sección efectiva, como podría producirlo un defecto por acebolladura (figura 180).

b) La distorsión experimentada por las fibras adyacentes al nudo, al tener que adaptarse a la intromisión que supone en su propio desarrollo la presencia del nudo. Esto desvía y saca del paralelismo las fibras longitudinales, produciéndose en cada nudo unas verdaderas islas, donde la densidad aumenta y, en cambio, el grado de flexibilidad de las fibras disminuye (figura 181).

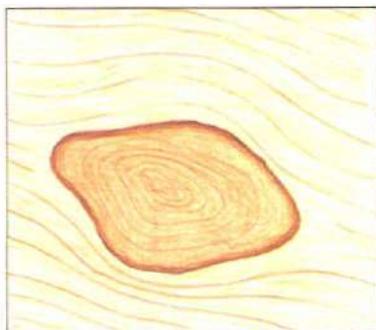
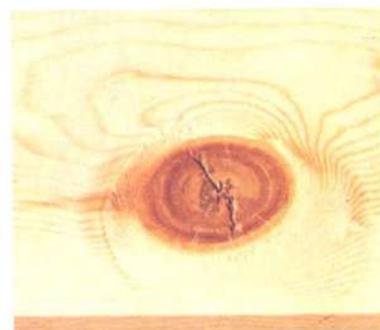


Figura 180

Figura 181

SOLICITACIÓN POR COMPRESIÓN

La disminución de resistencia se debe principalmente al reparto desigual de tensiones, cuando al comprimirse unas fibras más que otras se genera una pérdida de trabazón de las fibras que producen estos defectos, sumándose a esto el aumento de la inestabilidad por pandeo al actuar separadamente por lo menos dos zonas del madero.



SOLICITACIÓN POR ESFUERZO CORTANTE

La reducción de la resistencia es debida a la pérdida de sección de trabajo, llegando a dividirse en dos secciones independientes la pieza de madera original si el defecto, especialmente la acebolladura, es muy importante.

Los nudos afectan mecánicamente en mayor grado a la madera solicitada a tracción que a compresión o al esfuerzo constante; esto se debe a que la madera de la que están constituidos los nudos es de duramen, más duro y resistente a la compresión que a la tracción; sin embargo, frente a la deformación de las piezas no existe ninguna alteración por la presencia de nudos.

La pérdida de resistencia de una sección dependerá de la superficie y de la situación ocupada por el nudo, pero además se tendrá que tener en cuenta el tipo de sollicitación, que afectará, en mayor o en menor grado, a la pieza. Así, se pueden reconocer los siguientes comportamientos:

SOLICITACIÓN POR TRACCIÓN SIMPLE

En este caso no importa la posición del nudo, únicamente su magnitud y tamaño, ya que si la sección es muy pequeña y el nudo abarca gran parte de su superficie transversal la pieza puede cortarse por existir menos cohesión entre las fibras normales y la estructura del nudo.

SOLICITACIÓN POR COMPRESIÓN SIMPLE

Aquí el comportamiento es de mayor cohesión estructural entre las fibras del nudo y las del leño normal, ya que aunque tampoco importa la situación del nudo, éste, por su estructura, resiste mejor la compresión que la tracción.

SOLICITACIÓN POR FLEXIÓN

En este caso la posición del nudo importa mucho, ya que adquirirá mayor gra-

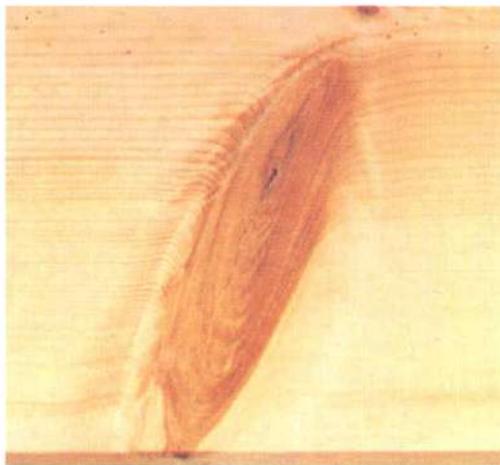


Figura 183

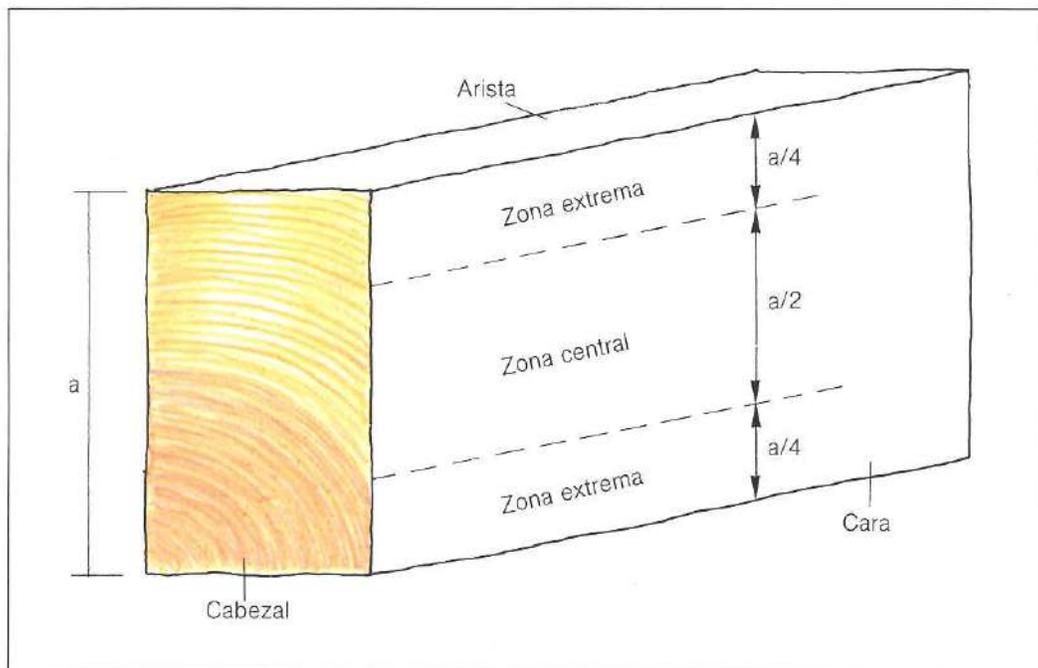
vedad en las zonas más solicitadas de la sección, es decir, sus bordes superior e inferior. Para analizar la flexión y su relación con la situación de los nudos dentro de una pieza se tendrá que dividir la pieza de la manera que se muestra en la figura 182.

De esta forma podemos reconocer los siguientes tipos de nudos:

Nudo axial

Es un nudo cuyo eje está, más o menos, contenido en el plano de una cara de la pieza, mostrando, por tanto, al exterior una sección alargada (figura 183). Este nudo es el más peligroso, ya que puede llegar a inutilizar una sección transversal casi completamente, por lo que su resistencia a la flexión puede ser nula.

Figura 182



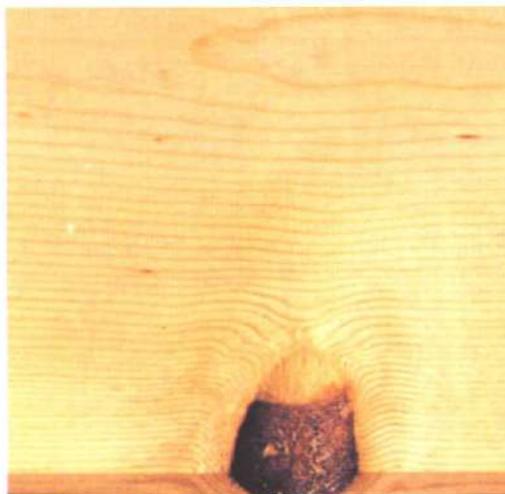


Figura 184

Nudo de arista

Es un nudo que emerge de la arista y que si se sitúa en el canto superior de una pieza que será sometida a flexión no provocará problemas, ya que en esa zona la flexión actuará a la compresión, y el nudo actúa muy bien frente a este esfuerzo (*figura 184*).

Nudo de canto

Al igual que el nudo de arista, habrá que colocarlo en la cara superior de una pieza que funcione como viga, aunque si es de un tamaño igual o superior a 3/4 de ese canto será conveniente desechar la pieza, ya que la flexión podría cortar la sección transversal.

Figura 185

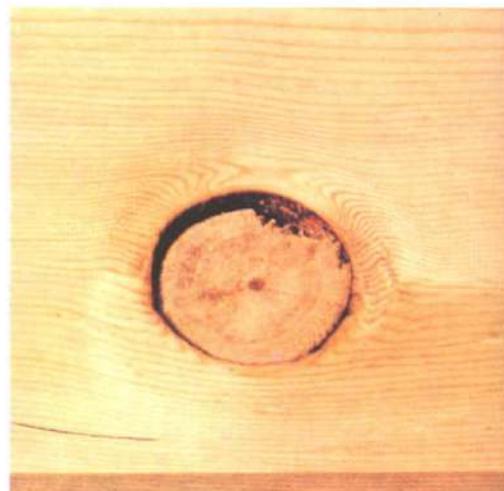
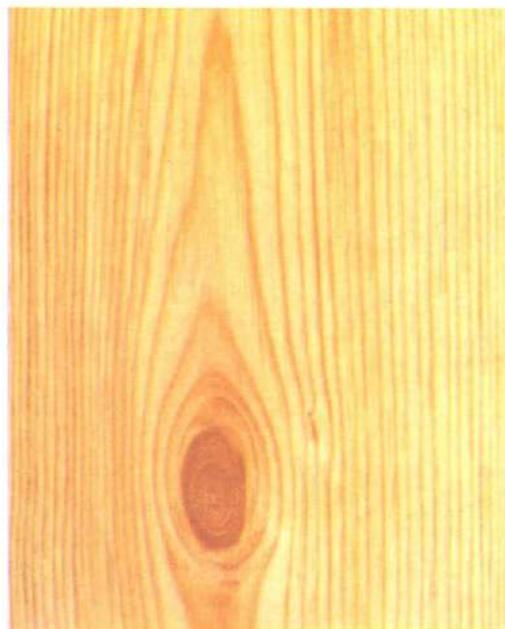


Figura 186

Nudo en la zona central de una cara

Aquí habrá que hacer una distinción ya que si el nudo es de una conífera seguramente estará integrado y formará un solo cuerpo con el resto de las fibras que lo rodean, existiendo una cierta unidad mecánica, y en este caso la flexión no afectará especialmente la capacidad mecánica de la sección (*figura 185*). Si el nudo es de frondosa, hay una gran posibilidad de que esté separado o muy desvinculado del resto de las fibras leñosas que lo rodean; en este caso, la sección actuará disminuida en su dimensión y la flexión podría colapsar la pieza, por lo que se recomienda, en el caso de las frondosas, no utilizar piezas con nudos grandes y desvinculados con la masa leñosa (*figura 186*).

Nudos en general

Si dos o más nudos se encuentran separados a una distancia menor de 200 mm y quedan englobados parcial o completamente por las mismas vetas paralelas a las aristas y tangentes a los nudos, el tamaño efectivo de los nudos será la distancia entre dos vetas paralelas que incluyen ambos nudos.

Generalmente, los nudos son el aspecto que tiene mayor importancia en la calidad y resistencia de las piezas de madera, y el aspecto que supone una mayor complejidad tanto en su medición como en su apreciación.

Si se quiere obtener un comportamiento óptimo en términos mecánicos, se debería contar con una madera exenta de nudos, fendas y acebolladuras, con un perfecto paralelismo entre las fibras y las aristas de la pieza que haya que tratar.



5

La transformación de la madera

Aunque los árboles se desarrollan en una infinidad de formas, colores, texturas, características químicas, mecánicas, y con otras diferencias, es necesario normalizar la madera cuando se la entiende como un producto comercial, que tendrá que ofrecerse al mercado con unas dimensiones determinadas y unos patrones de calidad prefijados, de modo que el usuario sepa, dentro de toda la flexibilidad que se puede tener con una materia orgánica, qué tipo de producto se lleva y en qué medidas lo puede encontrar, ya que las dimensiones del objeto o el espacio que haya de elaborarse dependerán en gran escala de las dimensiones en que esta materia prima se ofrece. El árbol pasa a ser madera cuando la materia orgánica se ha transformado en materia que puede ser tabulada en términos de calidad de dimensionamiento.

ESCUADRÍAS COMERCIALES

Actualmente, la mayoría de la madera comercializada en el mundo se hace a partir de escuadrías, es decir, ciertas medidas base que tienen en cuenta las tres dimensiones de una pieza ya aserrada, como son la longitud (largo), la anchura (cara) y el grueso (canto). A veces, para trabajos especiales en que se necesitan medidas de escuadría fuera de las ofrecidas en el comercio, es conveniente ir al aserrador directamente, donde se tomará nota de las dimensiones deseadas, dejan-

do siempre un margen de 5 mm para que las máquinas de aserrar puedan hacer los cortes exactos sin tener en cuenta el ancho de sierra.

Las unidades de medida son generalmente en centímetros, aunque en muchos países de influencia anglosajona aún se utiliza la pulgada.

Denominación según escuadría

ALFARGIA: madera de sección rectangular de 14 × 10 cm, que se utiliza en carpintería.

CHAPA: madera que tiene un espesor de 0,2 a 5 mm de longitud y un ancho variable.

LATA: pieza de una escuadría de 5 a 7 centímetros por 2 a 3 cm que se prepara con madera de inferior calidad.

LISTÓN: pieza de sección rectangular y aristas vivas, con escuadrías de 2 × 4 centímetros a 5 × 8 cm.

LISTONCILLO: pieza de sección rectangular y aristas vivas, con escuadrías de 1 × 2 cm a 2 × 4 cm.

REGRUESO: reciben este nombre las maderas que tienen un espesor de 4 a 10 milímetros y una longitud y una anchura variables.

TABLA: pieza en que predomina el ancho sobre el grueso, con un ancho de 10 a 30 cm y un grueso de 1 a 3 cm.

TABLÓN: pieza de sección rectangular, con aristas vivas y espesores de 5 a 10 cm, anchuras de 10 a 30 cm y longitudes de 2 a 10 m.

Dimensiones en cm									
Anchos	30,5	28	25,5	23	20,5	20,5	17,8	15,3	10,5
Gruesos	10,2	7,6	10,2	10,5 y 7,6	10,5 y 7,6	5,2-3,8-3,5-3,2	7,6	5,2	7,6-5,2-2,6-2

Cuadro XX

TARIMA: tabla machihembrada, de 5 metros de longitud, de 5 a 15 cm de ancho y de 1,5 a 3 cm de espesor.

VIGA: pieza de sección rectangular y aristas vivas, de 4 a 10 m de longitud y de una sección de 15 x 20 cm a 25 x 35 cm.

VIGUETA: pieza de menor sección y longitud que la anterior; tiene de 8 x 8 cm a 15 x 15 cm de escuadría y 5 m de longitud máxima.

Subdivisión de un tablón

Según la clasificación anterior, se entiende por tablón aquella pieza de sección rectangular con aristas vivas, de la cual se sacan mediante la sierra diversas piezas que, en su mayoría, se pueden denominar tablas. El tablón será el elemento que hay que subdividir, por lo cual será necesario conocer la relación entre su ancho y su grueso o espesor; la longitud no se tiene en cuenta, ya que no incidirá en la escuadría de las sucesivas subdivisiones (*cuadro XX*).

Del tablón se pueden sacar diversos gruesos, entendiéndose por tal denominación la cantidad de tablas que se quiere obtener de la pieza mayor. Por tanto, si decimos que se quieren seis gruesos de un tablón se entenderá que se obtendrán 6 tablas.

Cuadro XXI

Nº de gruesos	2	3	4	5	6	7
Pérdida	3 mm	6 mm	9 mm	12 mm	15 mm	18 mm

Una vez conocida la medida del tablón regular será fácil saber cuántos gruesos y de qué espesor serán; aunque para este cálculo habrá que tener en cuenta que en cada corte la sierra desechará de 2 a 3 milímetros.

Madera en rollo para aserrío de diámetros y largos variables



Así pues, si tenemos un tablón de 90 milímetros de espesor y se quieren obtener cuatro gruesos, habrá que descontar 6 mm de pérdida por los 3 cortes que se han de hacer, y en consecuencia se obtendrán tablas de 13,5 mm de espesor. Para entender mejor esta relación entre corte y pérdida, en el *cuadro XXI* se especifica el material perdido por número de gruesos obtenidos de un tablón.

NORMAS COMERCIALES DE ELABORACIÓN Y MEDICIÓN DE LA MADERA

Los organismos competentes de cada Estado, a través de los ministerios o direcciones pertinentes, dictan las normas de comercialización en función de las especies, tanto nacionales como de importación, de tal manera que sus escuadrías mínimas, resistencias físico-mecánicas, enfermedades y ciclos de crecimiento quedan evaluados y regulados dentro de un marco comercial que clasifica las calidades de cada pieza a partir de una serie de criterios fijos que recogen todas las posibles regularidades o irregularidades que el ingeniero, arquitecto, ebanista, carpintero o cualquier usuario pueda encontrar al adquirir la madera.

Denominación comercial de la madera

Según el uso que se le quiera dar a la madera recibirá una denominación que se tendrá que ajustar a unas dimensiones y distinciones determinadas por su función específica. De este modo se pueden reconocer las siguientes piezas con sus correspondientes características mínimas para cumplir su función:

MADERA EN ROLLO PARA ASERRÍO

Serán piezas descortezadas, preferentemente rectas, de longitud superior a 2 metros y diámetro de 18 cm, como mínimo. Cuando se trate de una partida numerosa se podrá contar con piezas de longitudes menores de 2 m pero superiores a 1 m, siempre y cuando el diámetro

sea mayor de los 20 cm; estas piezas menores no podrán superar el 20 % del volumen total. Se considerarán rollos de primera calidad aquellos que tengan una longitud mínima de 3 m y no contengan defectos ni nudos.

MADERA EN ROLLO PARA CHAPA

En este caso, nos referimos a la corteza de árboles como el haya, el castaño y el roble, que deberán tener unos 40 cm de diámetro y con troncos aserrados de no menos de 2 m. Deberán ser también sensiblemente rectas y cilíndricas, sin flechas superiores a 2 cm por metro lineal, contados sobre la sección meridiana correspondiente. No deberán tener defectos ni nudos a la vista, salvo cuando unos y otros no se encuentren agrupados y sus diámetros no sean superiores al 5 % de la circunferencia media de la troza.

TABLAS Y TABLONES

En las denominaciones de tabla y tablón quedan comprendidas las escuadrías que se detallan en las tablas u otras que resulten semejantes. Es común que el encargado del almacenamiento y la distribución clasifique por calidad y escuadría estas piezas, mientras que el aserrador se limita al troceado, aserrado y, en algunos casos, el cepillado.

VIGUETAS Y LARGUEROS

Quedan comprendidas en esta denominación las piezas de espesor superior a 40 mm y con anchuras inferiores a 150 milímetros. Corresponden a ellas las medidas de uso corriente en madera de pino indicadas en el *cuadro XXII*.

CABRIOS Y VARAS

Se denominan de esta manera las piezas de madera en rollo generalmente empleadas en construcción, de diámetros inferiores a 18 cm y de longitud mínima de 3,5 m, sin ningún trabajo de sierra.

ESCUADRÍAS MENORES

Comprenden las llamadas tablillas para envases y los listones obtenidos de los re-

siduos de aserrado, todos ellos sin medidas fijas.

PIEZAS DE MEDIDA FIJA

Generalmente están destinadas a cajonería y embalajes, incluyendo en esta denominación también las empleadas para tonelería.

POSTES

Se trata de rollizos descortezados y secos, con una humedad máxima del 15 %, destinados preferentemente a servir de soporte a las líneas eléctricas, telegráficas y telefónicas. Tendrán que ser piezas muy rectas y bien proporcionadas y con las fibras muy rectas; será muy importante también que los árboles de los que se obtienen estas piezas no estén cortados en un período de gran actividad circulatoria, es decir, que no estén "cortados en savia". Sus diámetros, medidos a 10 cm desde la punta más delgada, pueden variar entre 10 y 18 cm según las longitudes, admitiéndose para la base un diámetro mínimo de 20 cm.

Normas básicas para la comercialización de la madera

Para garantizar al usuario la procedencia y la especie de la madera, el aserra-

Cuadro XXII

Espesores en mm	52	65	76	105	120	149
Anchuras en mm	52	65	76	105	120	149
Longitudes en cm	100 y superiores a 100, variando por múltiplos de 10					

dero se verá obligado a marcar en cada uno de los cabezales de las piezas, siempre y cuando no se trate de escuadrías menores, el nombre del aserradero y, en colores, la especie a que corresponde, tal como se detalla a la derecha de estas líneas (*figura 187*).

pino silvestre: color rojo;
pino negral: color negro;
cualquier otro tipo de pino o conífera: color blanco;
abeto, roble, haya, castaño, entre otros: sin color.

Cuando la madera se convierte en un producto comercializable, se tendrán en cuenta todos aquellos defectos y afeccio-

Figura 187



nes que pueda contener tanto en su interior como en sus caras, ya que cualquier anomalía influirá en la categoría de clasificación, en el precio que haya que pagar y, en algunos casos, en el rechazo de alguna pieza.

A continuación resumimos las normas básicas que marcan descuentos y posibles reducciones o rechazos de pedidos:

a) Para establecer la relación entre precio y unidad metro cúbico, en la madera en rollo se medirá, en la mitad de la longitud del tronco, el diámetro o la circunferencia en centímetros. La medición de la longitud se hará en tramos que no tengan defectos muy marcados, y en aquellos troncos en que la irregularidad de su estructura no permita la medición lineal ésta se hará parcializada de tal manera que la aproximación sea la más exacta en decímetros.

En la madera escuadrada se medirán los espesores en milímetros, la anchura en centímetros y la longitud en metros y decímetros. En los anchos y gruesos se tolerará, entre las medidas vendidas y las medidas compradas, un error de un 2 %. Todas las medidas de las escuadrías se referirán a las maderas secas (con un 15 % de humedad). Es importante tener en cuenta que si las medidas se toman en la madera en verde se deberá prever que las dimensiones de las escuadrías sean las deseadas una vez que la madera se seque.

b) Se incrementarán los precios en un 5 % por cada 50 cm, en aquellas piezas de madera aserrada que excedan los 3,5 m de longitud.

c) La madera secada tanto al aire libre como en secaderos prefabricados tendrá un sobrepeso por metro cúbico, al igual que la que ha sido desaviada por procedimientos artificiales.

d) Cuando una partida contenga un número de piezas con gema superior al 15 % del total, el volumen de aquella se considerará depreciado en un 25 %, lo cual representará una reducción proporcional en el valor total.

e) En madera para ebanistería se tolerará cualquier proporción de nudos, siempre que el volumen de las piezas con más de dos nudos por metro lineal no alcance el 15 % del total.

Los nudos sueltos se tolerarán sólo si se presentan aislados y su diámetro no supera los 40 mm.

Las piezas con fendas en sentido transversal podrán rechazarse. Puede admitirse cualquier coloración, siempre que no sea causada por un motivo que pueda disminuir la resistencia de la pieza.

f) En madera para construcción se permitirán los nudos sanos y adheridos a la

masa leñosa aunque se presenten agrupados, exceptuándose el caso en que por las dimensiones de los nudos se pueda producir una disminución apreciable de la resistencia mecánica en la pieza.

Si existe alguna traza de pudrición habrá que rechazar inmediatamente la pieza, ya que el mal puede propagarse a otras maderas sanas con mucha facilidad si la humedad es alta.

Si se encuentra una coloración azul, muy característica de las maderas resinosas no desemboscadas en debidas condiciones, puede tolerarse.

Con respecto al aserrado en escuadra, se podrá tolerar una falta de perpendicularidad entre las caras contiguas de hasta un ángulo de 15°.

CUBICACIÓN DE LA MADERA

Cubicar una pieza de madera es averiguar su volumen, y este conocimiento es de vital importancia para quien no sólo sabe adquirir la madera sino también, previamente, sabe sopesar y calcular el volumen de materia que ha de necesitar.

Solamente en el caso de que las maderas tengan formas bien definidas geométricamente hablando, se podrá calcular su volumen con exactitud. Si las formas son irregulares, y se trata de piezas todavía no dimensionadas o escuadradas, el cálculo será aproximado. Este cálculo se compone de dos fases: la medición y el cálculo del volumen.

Medición

En el comercio se pueden encontrar diferentes formas y sistemas para vender la madera, dependiendo de su naturaleza y de su aplicación; esta es la razón por la cual se vende por peso, metros cúbicos, metros cuadrados, metros lineales y por unidades, según corresponda.

POR EL PESO

Cuando las maderas son preciosas, exóticas y aquellas cuyo tronco no llega a tener mucho diámetro.

POR METROS CÚBICOS

Es el método de venta mediante el cual se expende la mayor parte de la madera.

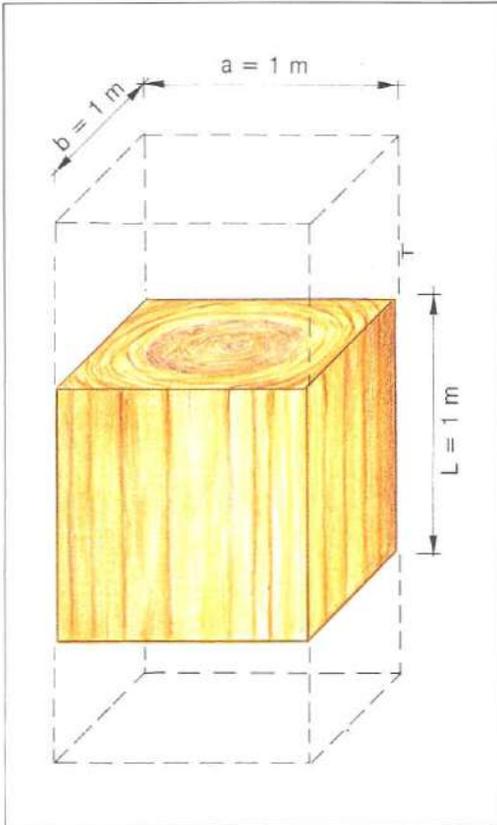


Figura 188

POR METROS CUADRADOS

Cuando la madera tiene anchura y longitud uniformes, y se presenta como piezas superficiales, como pueden ser las tablas de machihembrado, las chapas y los contrachapados.

POR METROS LINEALES

Cuando las piezas de madera tienen espesor y anchura constantes, como las tablillas para pisos o las molduras.

POR UNIDADES

Cuando la madera ha sido transformada en planchas o en tableros de medidas estándar.

Unidades de medida

Como la medición determinará diferentes sistemas de medida, para la adquisición de la madera también será bueno estipular las equivalencias que pueden existir entre las diferentes modalidades que se usan en el mundo, ya que más de

una vez el usuario se verá obligado a consultar una tabla de equivalencias, pues aunque en general se usan las medidas del sistema métrico, se emplean también otras medidas que no pueden ignorarse, dado el intercambio que hay entre los diversos países (cuadro XXIII).

Cálculo del volumen

La unidad de medida que más a menudo se usa es el metro cúbico (m³), es decir, un cubo cuya arista mide un metro de longitud (figura 188).

Los troncos, en general, tienen una forma cilíndrica, o son conos truncados, por lo que las tablas o tablones serán paralelepípedos, rectángulos o troncos de pirámide. Por lo tanto, para cubicar el volumen de estas piezas sólo habrá que aplicar las siguientes fórmulas:

VOLUMEN DE UNA PIEZA CUADRADA

La fórmula para determinar el volumen será la de multiplicar su sección por su longitud:

$$V = a \times b \times L = m^3$$

VOLUMEN DE MADERAS ESCUADRADAS NO REGULARES

La semisuma de las dos bases equivale a la sección media de la pieza. Por tanto, multiplicando la sección media por la longitud se obtiene su volumen. Si por ejemplo se tuviera que cubicar un tablón con una forma de tronco de pirámide (figura 189 a), su volumen sería:

$$V = \frac{B_1 + B_2}{2} \times L$$

Si las piezas que hay que cubicar no tienen los lados rectilíneos o no están a escuadra, se procederá a calcular su volumen tomando como base la anchura "a"

Cuadro XXIII

1 docena regular	0,891963	metros cúbicos
1 gruesa	12	docenas o 144 unidades
1 línea francesa	2,25	milímetros
1 línea inglesa	1,5874	milímetros
1 metro cúbico	1,121122	docenas regulares
1 metro cúbico	35,319	pies cúbicos
1 metro cúbico	61,038	pulgadas cúbicas
1 metro lineal	39 378	pulgadas
1 palmo	194	milímetros
1 pie inglés	304,79	milímetros
1 pie inglés	12	pulgadas
1 pulgada inglesa	25,3995	milímetros
1 pulgada inglesa	16	líneas inglesas

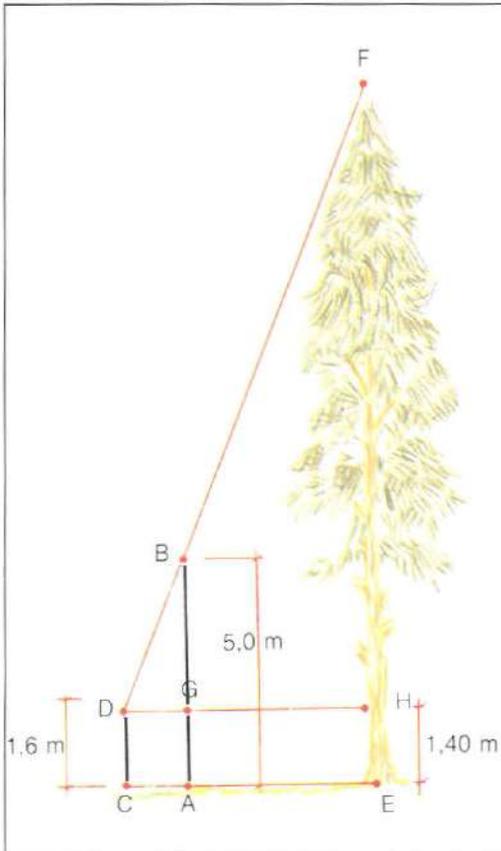


Figura 191

CUBICACIÓN DE UN ÁRBOL EN PIE

Este procedimiento es muy usado por los taladores que seleccionan cada árbol según unas condiciones mínimas, de tal modo que siempre se obtenga un volumen de madera comercialmente conveniente, lo que también ayuda a la conservación de algunas especies en pie si es que su volumen aún no es suficiente.

Se procederá de la siguiente manera: se sitúa la circunferencia media a 1,40 m del suelo, la cual servirá de referencia una vez colocadas las pértigas (figura 191). Se coloca verticalmente una pértiga A-B de 5 m y otra C-D de 1,60 m, de modo que el rayo visual D-B pase por el punto F, que es el vértice del árbol. Los trián-

Figura 192



gulos DGB y DHF, que determinan la horizontal DH, originan la proporción $DG:DH = GB:HF$, con la que se obtiene la altura total del árbol, determinada por los puntos EF, y como se tiene la circunferencia media se podrá calcular la superficie de esa cara transversal, que, multiplicada por la altura EF, dará el volumen aproximado del árbol en pie.

FABRICACIÓN DE CHAPA

La utilización de los recursos forestales por parte del hombre ha sufrido un incremento notable desde comienzos de nuestro siglo, pero ha sido superada paulatinamente por el incremento en la demanda de productos derivados de ella como puede ser, entre otras, la madera de chapa. En la actualidad, la técnica del chapeado contribuye en gran medida a las exigencias de la construcción de muebles, puertas y revestimientos en general.

Los tableros de grandes superficies no pueden ser de una sola pieza, debiéndose recurrir a la yuxtaposición de varias piezas encoladas, y para evitar la interrupción del veteado exterior se recurre al revestimiento con chapas. Éstas también se usan en el revestimiento de muebles finos para que la pieza maciza, que es de madera ordinaria, tenga apariencia de madera noble.

Características y clasificación de la chapa

Se entenderá por chapas unas láminas delgadas de madera, con un grueso que puede oscilar entre los 0,2 mm y los 4 mm. Cuando estas láminas tienen un espesor de 4 mm a 10 mm, se denominan regruesos (figura 192).

Las chapas se pueden clasificar en dos grandes grupos, las destinadas a contraplacar, usadas para la preparación de la madera cruzada, y las que se usan para decorar, utilizadas en revestimientos de lujo. Como en esta última función es muy importante el dibujo, que principalmente lo aportan las fibras y los nudos, se podrán clasificar según la disposición de sus vetas de la siguiente manera:

— Lisas o de vetas regulares: las fibras son más o menos rectilíneas, sin grandes sinuosidades y sin variación de color.

— Onduladas: son de vetas más o menos regulares y tienen coloración variada que simula ondas.

— De aguas: las ondas siguen curvas

caprichosas que imitan los tejidos llamados muarés.

— Mosqueadas: las vetas se presentan recubiertas de unos pequeñísimos nudos, muy próximos entre sí.

— De oruga: las vetas son sinuosas, combinándose con unos cordoncillos de coloración muy viva.

— Sarmentosas: generalmente esta chapa procede de las copas de los árboles y del arranque de las ramas, generándose dibujos caprichosos, variados y de coloración fuerte.

— Nudosas: son las que se obtienen de los nudos o excrecencias que se desarrollan en algunos árboles, de reducidos tamaños pero muy variadas en su dibujo por la infinidad de nudos y radios que se entremezclan.

Sistemas de fabricación

Cada sistema de fabricación dará como resultado una determinada calidad de chapa, ya que en cada procedimiento se atacará de diferente manera a la pieza de madera, con lo cual se obtendrán resul-

tados acordes con su tipo y especie y zona de la pieza que se quiera transformar en lámina.

CHAPAS POR SIERRA

La obtención de esta chapa se produce mediante sierras alternativas horizontales y sus espesores oscilan entre 1 y 5 mm, según la clase de madera. La dirección del aserrado será más o menos oblicua, aprovechándose así las propiedades decorativas de la pieza. Este sistema tiene la ventaja de proporcionar chapas de gran calidad sin tener que ablandar la madera previamente. Además se pulirá y barnizará perfectamente, obteniéndose una terminación fina de gran duración. El inconveniente es la gran cantidad de materia perdida por efecto de los cortes sucesivos de la sierra, por lo que se encarece mucho esta operación en comparación con otros sistemas; además, se obtendrán piezas de un ancho limitado por una zona del tronco que contenga el centro, obteniéndose como máximo anchos de chapa iguales o menores al diámetro del tronco (*figura 193a*).

CHAPAS POR CEPILLO

En este sistema la hoja de sierra es sustituida por una cuchilla muy ancha. El corte se podrá hacer a favor o diagonalmente a las fibras, teniendo el cuidado de que las dimensiones de la hoja nunca pueden ser mayores que las del tablón que se cepilla. La hoja cepilla mientras una pieza metálica comprime la madera e impide que se rompa la hoja en el punto de corte (*figura 193b*). Si la madera que hay que cortar proviene de un árbol resinoso conviene someter la pieza a un tratamiento de vapor equivalente a dos atmósferas, y si su procedencia es la de un árbol de madera dura será conveniente sumergirla en agua hirviendo.

Tanto las chapas por cepillo como las chapas por sierra saldrán con el veteado natural de la madera maciza, lo que las hará ser usadas preferentemente en revestimientos para muebles donde se quiera destacar la belleza de las fibras y los nudos de forma natural.

CHAPAS DESEENROLLADAS

Básicamente este sistema consiste en un tronco que gira en un torno sujeto por

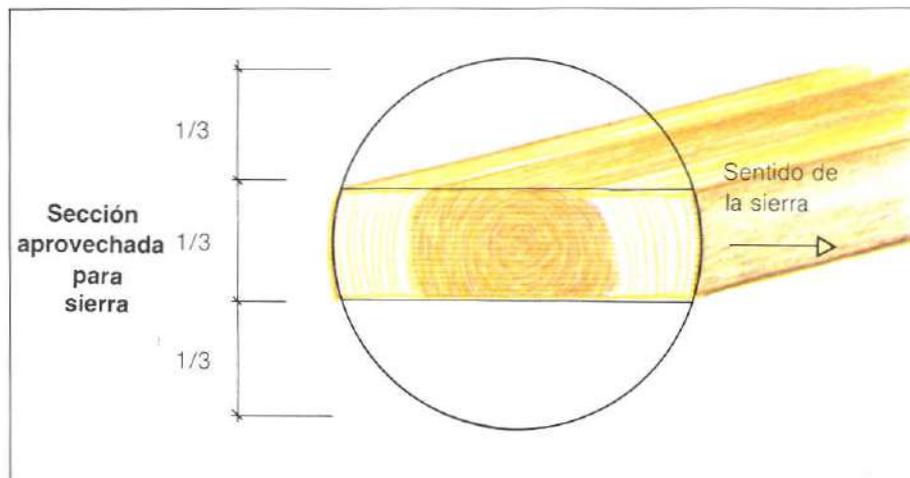
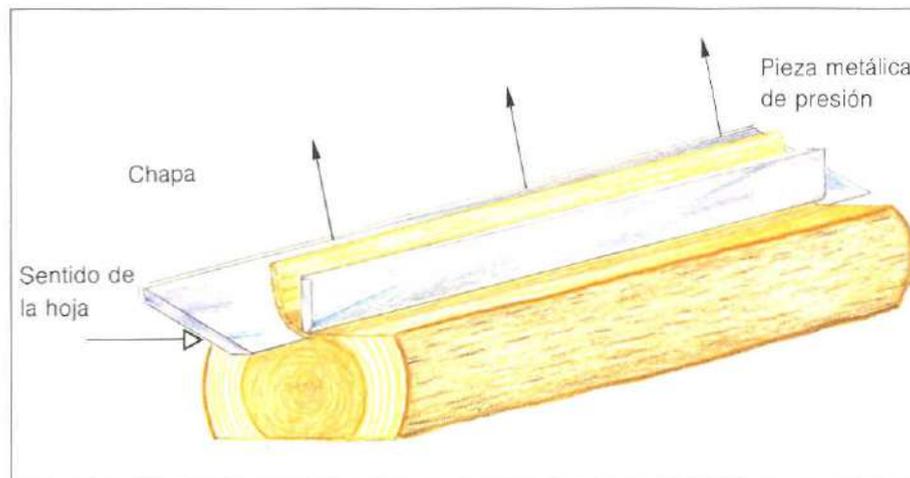


Figura 193a

Figura 193b



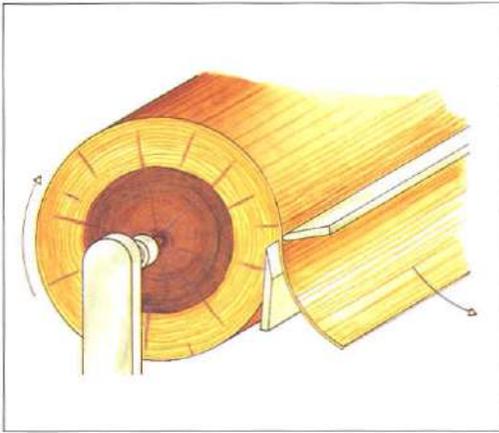


Figura 194

los extremos, mientras una hoja portadora de una cuchilla va desenrollando, a su vez, una capa delgada de madera: la chapa (figura 194).

Para evitar la rotura de la chapa durante el proceso, previamente se sumerge el tronco en agua muy caliente para así dejar el material más elástico y dúctil. Este sistema se emplea preferentemente con maderas blandas o contrachapados, ya que se obtienen con él chapas de menos de 0,1 mm, que van encoladas sobre una base delgada de papel de 0,1 a 0,2 mm de espesor. De esta manera son vendidas en el comercio en anchos de 70 a 130 cm, a un valor muy inferior al que se cotizan las chapas producidas por los dos métodos anteriores.

Las láminas producidas por el desenrollado pueden ser larguísimas, aunque con el corte paralelo a las fibras no se obtienen chapas tan delgadas ni tan vistosas, y desde un punto de vista técnico y estético serán inferiores a las chapas por cepillo. Su mayor ventaja es su rendimiento comercial, lo que las hace ser la materia prima de la fabricación de la madera contrachapada.

Procedimiento para el chapeado

De los sistemas señalados para la obtención de las chapas el técnico deberá escoger el mejor, según el tronco que se deba trabajar y la calidad y belleza de las chapas que se quieran obtener. Una vez que las chapas han sido cortadas son transportadas mediante un sistema de rieles en el que se revisan y se sacan las defectuosas, mientras las restantes avanzan por una superficie que evita que se arqueen o alabeen las láminas (figura 195).

Posteriormente se colocan en el secadero, se encuadran y se empaquetan, según el orden en que se hubieran obtenido del tronco (figura 196).

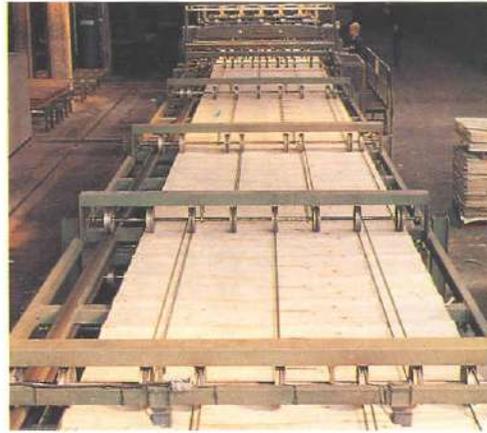


Figura 195

Una vez seca la chapa habrá que preparar la base sobre la cual se colocará, en la que se emplearán maderas no resinosas ni gomosas; éstas tendrán que estar secas y sin deformarse, ya que con la chapa tendrán que trabajar en un mismo sentido o de modo que se centralicen sus esfuerzos.



Figura 196

Si la base es de madera maciza se tendrá que pasar un cepillo de dientes sobre su superficie (nunca a contrafibra) para dejarla áspera, de modo que la cola pueda penetrar; si la madera es porosa se puede prescindir de esta operación. Será vital que esta base no tenga nudos, hongos, astillas, agujeros de clavos ni golpes de martillo, ya que el chapeado acusará cualquier defecto. Preparada la base es recomendable dar una mano de agua de color al 40 %, lo que permitirá usar, cuando la superficie esté seca, una cola menos densa.

El chapeado podrá ser a una o a dos caras, teniendo el cuidado de que si la base tiene 10 cm o más de espesor habrá que prepararla con piezas estrechas y no con una tabla de una sola pieza. Lo que se suele hacer mucho es preparar bases con tablas de machihembrado, que se encolan por sus cantos para formar una superficie homogénea y que trabaja en todos los sentidos sin deteriorar la chapa que sustenta (figura 197).

Figura 197



Actualmente se venden en el comercio tableros especialmente preparados para recibir chapas, formados por madera contrachapada (terciados) o madera desmenuzada y prensada (tableros aglomerados o de fibras).

Preparación de las chapas

Las chapas vienen en paquetes de un número variable de hojas, todas ellas numeradas y de igual medida, aunque los paquetes sean de diferente medida. Es de suma importancia respetar la numeración de las chapas para poderlas combinar en dibujos variados, según el corte que se les ha dado; haciéndolo así se obtendrá un magnífico chapeado a cuartos (figura 198).

Las chapas excesivamente secas se vuelven quebradizas, por lo que deben conservarse en un ambiente húmedo, por ejemplo, en un sótano, después de un secado parcial del 20 % al aire libre.

Para cortar las chapas se empleará una hoja de cepillo dentada, marcando a lápiz en la hoja el ancho y el largo: se coloca la hoja sobre una superficie plana, con una mano se sujeta la regla a ras de línea y con la otra se pasa el serrucho hasta que falten 2 cm para terminar; estos 2 cm se pasan en dirección contraria al corte inicial para no levantar astillas. La chapa se corta unos milímetros más larga y ancha que la base que hay que cubrir y antes de trabajar se humedece.



Figura 198

Figura 199



EL TABLERO CONTRACHAPADO

La gran ventaja de la madera contrachapada es que mientras la naturaleza produce madera sin ninguna planificación, con nudos, grietas y cúmulos de resina distribuidos al azar entre sus fibras, el tablero contrachapado puede ser fabricado según los requerimientos comerciales, con la seguridad de que sus propiedades mecánicas serán las esperadas. Con esto se obtiene un material compensado, estable y muy resistente frente a los cambios de temperatura y humedad, ya que es una madera nueva, resistente en todos los sentidos.

Naturaleza del contrachapado

Contrachapar es formar un tablero con diversas chapas encoladas, unas sobre otras, con sus fibras en sentido contrario,

tanto sobre una base como por chapas solas (figura 199). El desarrollo de los tableros contrachapados ha dado como resultado que se hayan anulado casi por completo los movimientos de dilatación y contracción al formarse un tablero con placas de madera en número impar, que se encolan unas a otras, con las fibras encontradas a 90°. Para ello, las chapas tienen que estar compensadas de modo que el espesor total de las orientadas en un sentido sea igual al de las orientadas en sentido contrario, así las fuerzas quedan equilibradas y el tablero no se deforma. El número de hojas encoladas tiene que ser 3, 5, 7 o cualquier número impar para que las vetas de las caras exteriores resulten paralelas.

Fabricación del contrachapado

Preferentemente se obtendrá la chapa de un árbol que ofrezca grandes superficies, madera estable, homogénea, carente de resina y de nudos, y con las fibras rectas. Si no es así se podría adecuar la naturaleza de la madera a las exigencias comerciales con la seguridad de que sus propiedades mecánicas sean las requeridas. Los nudos se extraen y los agujeros se cubren, las pequeñas grietas pueden ser utilizadas con materiales sintéticos, y así una madera muy nudosa como la del abeto, muy resinosa como la del sauce o hendible como la de acacia podrá ser empleada en la fabricación de tableros contrachapados.

Una vez que se obtienen las chapas se procede a unir estas pequeñas porciones entre sí por medio de un proceso de cosido que forma a su vez una sola pieza de chapa de mayores dimensiones (figura 200), sin que la robustez del panel disminuya ni un ápice.

La bondad de un tablero compensado depende sobre todo de la capacidad de resistencia de las colas que unen una chapa con otra. El encolado se efectúa con colas a base de caseína, albúminas o resinas especiales, que, además de su capacidad de cohesión, son resistentes al agua y a la humedad. Los encolados suelen hacerse según los sistemas que se detallan a continuación:

ENCOLADO EN HÚMEDO

Del tronco, aún húmedo, se obtienen las chapas para evitar que la masa leñosa pueda alterarse con el proceso de secado (grietas, caída de nudos muertos, entre

otras alteraciones). Es un sistema económicamente bueno pero técnicamente malo, ya que se producen contrachapados deficientes, puesto que una vez secas las chapas se deforman, reduciendo el poder adhesivo de las colas y no soportando grandes esfuerzos de flexión. El uso de este tipo de tableros encolados en húmedo se restringe a la construcción económica y de embalajes.

ENCOLADO EN FRÍO

Este sistema consiste en unir varias chapas de madera seca con un grado de humedad que no sea superior al 10 % o 15 %. Para lograr este grado de humedad las chapas son sometidas a un proceso de secado artificial mediante aire caliente de distribución superficial (figura 201), lo que permite un secado homogéneo en muy poco tiempo.

Posteriormente, se utiliza un encolado que se fija a presión, tanto mediante prensas manuales como mecánicas.

ENCOLADO EN CALIENTE

Este sistema da buenos resultados y es más utilizado que los dos anteriores, ya que se realiza en un tiempo muy breve, aproximadamente en un minuto de presión por cada milímetro de espesor de chapa. Bajo la presión de potentes prensas hidráulicas los paneles quedan fuertemente unidos, de ahí que trabajando con materiales de calidad se obtenga un óptimo resultado.

ENCOLADO EN SECO

Es el mejor sistema de encolado, para el cual se utilizan colas líquidas de caseína y colas de resina ferrólicas. Primero se untan las hojas con cola líquida y se dejan secar al aire hasta que la humedad de la madera no supere el 12 %; este procedimiento se puede acelerar usando el sistema de secado que se muestra en la figura 201. Colocadas unas sobre otras, las chapas que han de componer el tablero se llevan a la prensa, donde se comprimen en caliente de 120 a 130 °C. Una vez se ha disuelto la cola con el calor, las chapas quedan perfectamente encoladas. Las prensas son máquinas capaces de detectar irregularidades, ya que al ir llegando una por una las chapas son revisadas electrónicamente, y una vez ordenadas

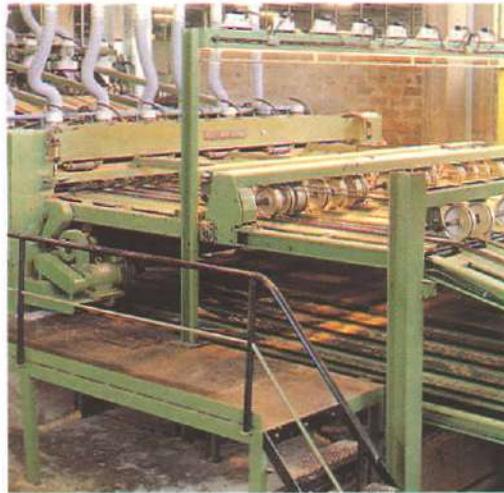


Figura 200

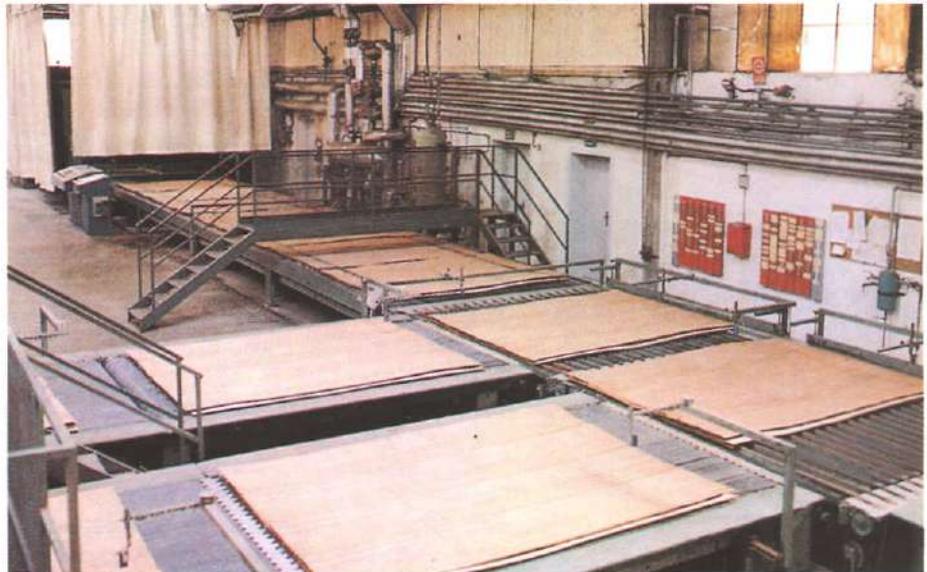


Figura 201

en una pila las chapas son sometidas a presión según se trate de encolados en frío o en caliente: para los primeros será de 6 a 12 kg/cm², y para los últimos suelen ser de 12 a 20 kg/cm², con temperaturas superiores a los 60 °C (figura 202).

Pruebas con los contrachapados

La prueba de resistencia a la tracción se hace en seco o después de la inmersión en frío, que dura diez días consecutivos. La inmersión en agua caliente a 100 °C dura 6 horas y posteriormente a estos cambios de temperatura no debe aparecer ninguna muestra de desencolado. Las pruebas de curvatura se hacen enrollando la hoja en un cilindro de diámetro igual a 100 veces el espesor del contrachapado. Esta prueba se hará en los sentidos perpendiculares a la superficie del tablero, no debiendo producirse ningún defecto, grieta o fisura.



Figura 202

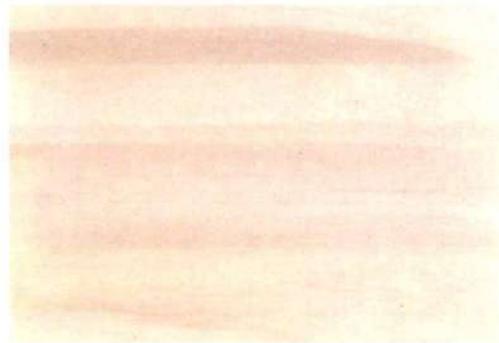


Figura 203

Clasificación de los contrachapados

Se dividen principalmente en tres categorías, según las cualidades y la calidad de las caras exteriores.

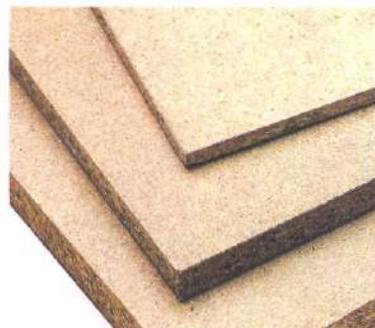
Figura 204



Figura 205



Figura 206



CATEGORÍA A

Las caras exteriores del tablero contrachapado se muestran limpias, sin ningún defecto, es decir, sin nudos, sin juntas defectuosas, grietas o cualquier anomalía que interrumpa el veteado parejo y homogéneo (*figura 203*).

CATEGORÍA B

En las caras exteriores del tablero contrachapado se puede admitir que tengan ligeros defectos, como algunos nudos pequeños y firmes, y en las chapas interiores puede haber grietas sin importancia (*figura 204*).

CATEGORÍA C

En estos tableros las caras exteriores tienen defectos más o menos visibles, irregularidades y ondulaciones en el interior y algunos nudos grandes vivos y muertos. Los tableros de esta categoría tienen casi siempre las dos caras pulidas (*figura 205*).

EL TABLERO AGLOMERADO

El tablero aglomerado de madera representa el completo aprovechamiento de la madera. Las resinas han permitido la posibilidad de aglomerar la madera consiguiendo que su utilización sea más rentable. La industria de estos tableros

empezó hacia el año 1950 y, actualmente, se emplean con gran profusión en la industria del mueble debido a las ventajas que proporcionan. Fue precisamente el diseño moderno del mobiliario el que, al requerir grandes superficies de madera, motivó la aparición de un tablero industrial que, posteriormente, ha sido incorporado en la construcción, al principio en interiores y con su desarrollo técnico, en la actualidad, también en revestimientos de exteriores.

Todas las dificultades de trabajo que se encuentran en la madera, anteriormente descritas, no existen al trabajar los tableros aglomerados de virutas planas y cortadas, ya que éstas se cruzan en todos los sentidos, tanto en la superficie como en el interior (*figura 206*). Por ello el tablero aglomerado es un material homogéneo que tiene un 90 % de madera y se comporta mecánicamente mejor que muchas maderas constituidas orgánicamente.

Cualidades del tablero aglomerado

La industria de estos tableros constantemente está sacando al mercado nuevas modalidades y tratamientos, lo que permite tener una diversidad de materia para usos más específicos; en todo caso su cualidad esencial sigue siendo su estabilidad frente al medio y las solicitaciones a las que está expuesta. A continuación se enumeran las principales ventajas que ofrece este aglomerado:

a) Estabilidad aún mayor que el contrachapado por la disposición multidireccional de sus fibras, lo que permite que exista uniformidad en la dureza en toda su superficie.

b) Ausencia de juntas, defectos o deformaciones y encoladuras.

c) Resistencia a la humedad por la parcial impermeabilización de sus fibras, antes del fenómeno de filtración.

d) Mayor resistencia a los agentes atmosféricos y a los sucesivos cambios de temperatura.

e) Grandes dimensiones en planchas que pueden llegar a tener 8 m de largo por 2 m de ancho, imposibles de obtener en madera natural.

f) Se puede alcanzar una densidad homogénea media entre los 500 y 750 kg/m³.

g) No es una materia atacable, como la madera, por agentes bióticos como pueden ser el moho, los insectos xilófagos y los hongos, ya que sus partículas son amorfas y están recubiertas de resina.

h) Una cualidad importante en términos prácticos es que las planchas de tablero aglomerado no necesitan apilarse



Figura 207

para su almacenamiento, como sucede con las tablas y listones, ya que estas planchas se podrán poner en contacto unas con otras en una cantidad únicamente limitada por la facilidad de su transporte (figura 207).

Tipología del tablero aglomerado

Los tableros aglomerados son paneles formados por virutas o partículas de madera que se encolan por medio de resinas sintéticas termoendurecibles y polimerizadas, mediante presión a altas temperaturas a través de sofisticadas máquinas que elaboran la materia en condiciones de alta automatización y con una mínima intervención de la mano de obra (figura 208).

Existe una gran variedad de paneles de aglomerados de partículas basándose en dos métodos de fabricación que se diferencian por la disposición seccional de la fibra: uno es el de obtención del tablero por prensado plano y el otro por canto o extrusión.

SISTEMA DE PENSADO PLANO

Por medio de este sistema se pueden conseguir tres calidades distintas de paneles:

Prensado plano homogéneo

Tiene gran resistencia a la tracción, ya que sus partículas son iguales y del mismo tamaño, tanto en el centro como cerca de las caras. Además, las partículas son paralelas a la superficie, denominándose

por esto también tablero de una sola capa (figura 209 a).

Prensado plano de tres capas

Tiene resistencia a la compresión; las caras tienen partículas de distinto tamaño de las que hay en el centro y las tres capas, diferenciadas por tamaño y también por porosidad, son de cortes perfectamente visibles (figura 209 b).

Prensado plano de capas múltiples

Este tablero es el que mejor se comporta con las sollicitaciones mecánicas, ya que tiene partículas progresivamente más finas desde el centro del panel hacia las capas exteriores y apenas es perceptible la diferencia de tamaño de las partículas en cada una de las diferentes capas (figura 209 c).

SISTEMA DE PENSADO POR CANTO O EXTRUSIÓN

Por medio de este sistema se pueden obtener dos calidades de tablero: una, el tablero macizo, donde las partículas están colocadas en sentido perpendicular a la superficie, que a su vez está recubierta de una chapa para dar mayor resistencia.

Figura 209

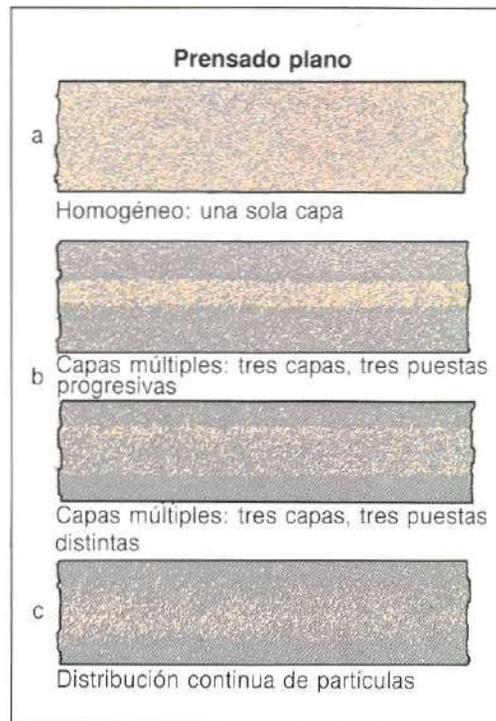
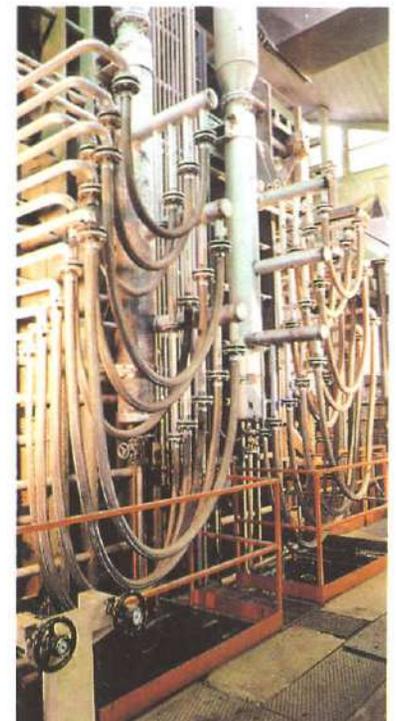


Figura 208



La otra calidad que se puede obtener por medio de este sistema es similar a la anterior, ya que también van en el tablero las dos caras recubiertas de chapa, pero en este caso hay unos huecos longitudinales en el interior del tablero, lo que le confiere propiedades de aislante térmico y acústico, a la vez que tiene un menor peso que un tablero normal de las mismas dimensiones (figura 210). Los tableros extrusionados, por tener las virutas en dirección perpendicular a las caras, tienen que salir revestidos y chapados desde la fábrica.

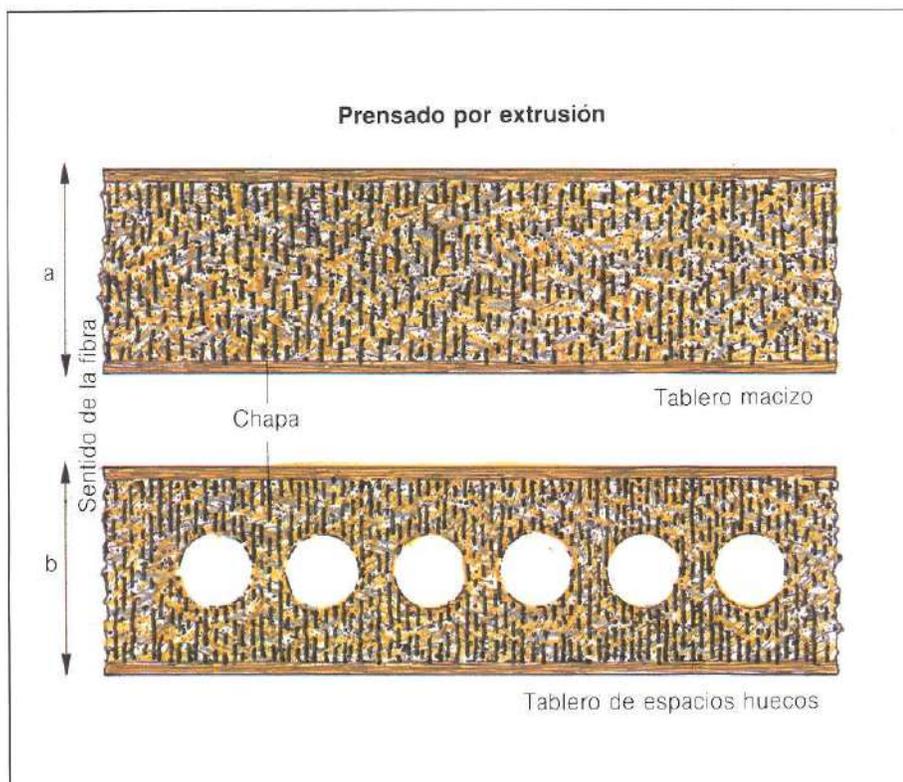


Figura 210

**Características físico-mecánicas
de los tableros aglomerados**

El siguiente análisis se refiere a tableros semipesados (de 450 a 750 kg/m³) y de prensado plano:

**CONTENIDO DE HUMEDAD
DEL TABLERO**

Para ser entregado al usuario deberá ser aproximadamente de un 9 % calculado sobre el peso en seco.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Los valores mínimos admisibles para el tablero al cual se somete al ensayo de la flexión son los que se especifican en el cuadro XXIV.

Se entenderá por dirección paralela o perpendicular la incidencia del esfuerzo de flexión sobre las fibras paralelas o perpendiculares, según corresponda. En los tableros revestidos con chapa de madera se considerará, en este aspecto, la dirección de las fibras de la chapa.

**RESISTENCIA A LA TRACCIÓN
PERPENDICULAR DE LAS CARAS**

Los valores mínimos admisibles para el tablero sometido al ensayo de tracción

Cuadro XXIV

Tipo de tablero	Grosor mm	Dirección del esfuerzo	kgf/cm ²	Revestido con chapa de madera kgf/cm ²
Tableros de prensado plano de una, tres o más capas o de distribución continua	5 a 13	Paralela	200	500
		Perpendicular	200	175
	13 a 20	Paralela	180	400
		Perpendicular	180	150
	20 a 25	Paralela	160	350
		Perpendicular	160	120
	25 a 40	Paralela	120	250
		Perpendicular	120	100
Tablero de prensado plano con gran resistencia a la tracción	13 a 25	Paralela	120	350
		Perpendicular	120	90

Tipo de tablero	Grosor en mm	Resistencia a la tracción kgf/cm ²
Tableros de prensado plano de una, tres o más capas o de distribución continua	5 a 13	4,0
	13 a 20	3,5
	20 a 25	3,0
	25 a 40	2,0
Tablero de prensado plano con gran resistencia a la tracción	13 a 25	8,0

Cuadro XXV

Tipo de tablero	Grosor en mm	Hinchazón %
Tableros de prensado plano de una, tres o más capas o de distribución continua	5 a 40	6,0
Tablero de prensado plano con gran resistencia a la tracción	13 a 25	10,0

Cuadro XXVI

Tipo de tablero	Grosor en mm	Aislamiento acústico normalizado R (dB)
Tableros de prensado plano de una, tres o más capas o de distribución continua	10-16	25
	16-22	26
	22-30	27

Cuadro XXVII

perpendicular a las caras son los que se indican en el *cuadro XXV*.

HINCHAZÓN EN ESPESOR

Esta deformación está expresada en tanto por ciento del grosor inicial; así los valores mínimos, después de una inmersión en el agua durante dos horas, son los que se indican en el *cuadro XXVI*.

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

El valor máximo admisible del coeficiente de conductividad térmica "O" medio a 20 °C será de 0,12 kcal/mh °C.

CARACTERÍSTICAS ACÚSTICAS

Los valores del aislamiento acústico normalizado "R", medido en decibelios, serán como mínimo los especificados en el *cuadro XXVII*.

Tableros aglomerados diversos

Una variedad en la fabricación del prensado plano es la del tablero de aglomerado de partícula hidrófuga o resistente a la humedad. Este tipo de tablero está aglomerado con resinas especiales de tipo aminoformol, polimerizadas a alta temperatura y a distinta presión que el tablero normal. Este tablero tiene propiedades físicas muy interesantes, tales como la resistencia a la tracción y a la flexión, resistencia al atornillado, al taladrado y excelente resistencia a la hinchazón por contacto con el agua, así como una recuperación prácticamente total de su dimensión primitiva.

Otra variedad es la de los tableros aglomerados ignífugos, que mediante una impregnación en sus caras resultan resistentes al fuego.

En general, el tablero aglomerado en todas sus variantes resulta muy compatible con otros materiales, tales como el tablero contrachapado, la chapa y la madera natural e incluso en algunos casos, particularmente en la construcción de puentes de interior, se puede apreciar



Figura 211

cómo todos estos materiales trabajan en conjunto y cumpliendo cada uno su función principal (figura 211).

EL TABLERO DE FIBRAS

El origen de este producto se encuentra en Estados Unidos, donde se inició la investigación en el proceso de producción del llamado tablero de fibras de ma-

dera de densidad media (M.D.F.). Esta calidad de tablero se considera madera reconstituida y puede trabajarse prácticamente como si se tratase de una madera maciza.

El tablero M.D.F. es un tablero de fibras de madera, unidas en seco mediante resinas sintéticas con un prensado en alta frecuencia, consiguiéndose de este modo un producto de alta calidad, uniforme, fuerte, compacto, estable, liso por ambas caras y con una homogeneidad total en todo su espesor (figura 212).

El M.D.F. tiene tan buenas características para su manipulación que en muchos casos puede sustituir a la madera natural, ya que carece de nudos, grietas, alabeos, tensiones, ataques de parásitos e insectos xilófagos, aunque su peso específico puede ser un poco mayor al de los tableros aglomerados.

En el cuadro XXVIII se detallan algunas de las características físico-mecánicas de este tipo de tablero.

Tablero de fibras hidrófugo

Básicamente se utiliza en el sector de la construcción y carpintería de obra, así como en otros campos, donde el tablero, en su aplicación, se encuentra en contacto y expuesto a la humedad. Es un tablero que puede ser de fibras de pino, que aglutinadas en seco mediante la incorporación de resinas sintéticas y prensado en alta frecuencia dieléctrica y con la adición de componentes antihumedad proporcionan un tablero uniforme y homogéneo en la totalidad de su superficie, permitiendo al usuario efectuar todas las aplicaciones que hasta ahora había hecho con madera contrachapada o con madera en general (figura 213).

Cuadro XVIII

TABLERO M.D.F			
Propiedades dimensiones del tablero: 3.600 x 1.830 mm	Espesores del tablero		
	7-8-10-12 mm	15-16-18-19-22 mm	25-30-32-35-38-40-45 mm
Densidad (tolerancia ± 5 %)	720 kg/m ³	675 kg/m ³	640 kg/m ³
Flexión	300 kg/m ²	280 kg/m ²	250 kg/m ²
Resistencia a la tracción transversal >=	7,5 kg/m ²	7 kg/m ²	6,5 kg/m ²
Resistencia arranque tornillos en caras	140 kg/m ²	130 kg/m ²	115 kg/m ²
Resistencia arranque tornillos en cantos		115 kg/m ²	100 kg/m ²
Módulo de elasticidad	25.000 kg/m ²	25.000 kg/m ²	20.000 kg/m ²
Contenido en humedad	9 %	10 %	10 %
Hinchamiento después de 24 h inmersión agua <=	8 %	6 %	6 %
Absorción después de 24 h inmersión agua <=	22 %	16 %	16 %

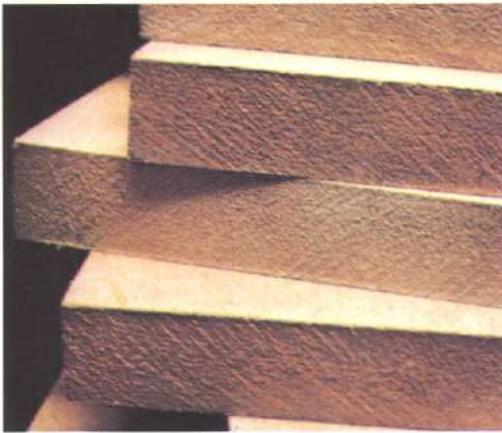
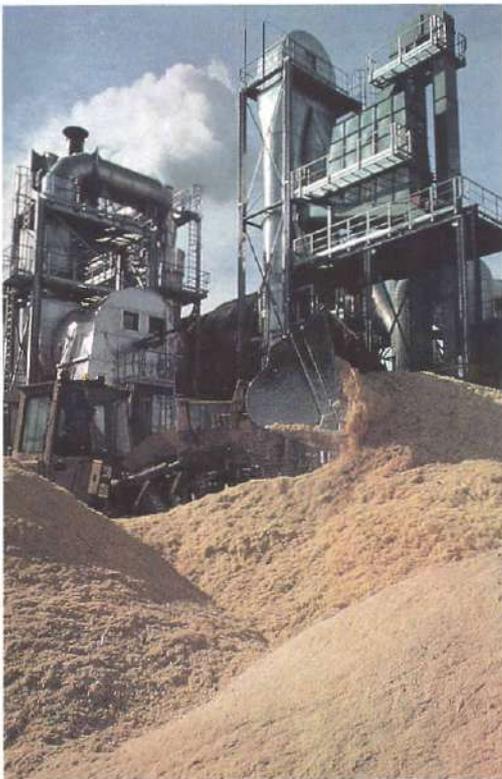


Figura 212



Figura 213

Figura 214



En el *cuadro XXIX* se detallan algunas de las propiedades físico-mecánicas por las que se caracteriza este tablero de fibras hidrófugo.

Fabricación del tablero de fibras (M.D.F.)

El proceso comienza con una buena selección de las materias primas, las cuales son obtenidas de una máquina descortezadora que nutre de materia prima a otra que convierte la corteza o la madera de despunte en astillas. Una vez que se ha reunido la suficiente cantidad se pone a secar la viruta en unos parques de astillas (*figura 214*).

Una vez seca la astilla entra en proceso, previa selección de su dimensión por cribado y una separación de cuerpos finos e inorgánicos. En el proceso de digestión se acondiciona la astilla para facilitar el desfibrado, siendo una de las fases clave en la producción. Luego, la fibra se se-

Cuadro XXIX

TABLERO DE FIBRAS HIDRÓFUGO			
Propiedades dimensiones del tablero: 3.600 × 1.830 mm	Espesores del tablero		
	10-12 mm	16-19 mm	25-30-32-35-38-40-45 mm
Densidad (tolerancia ±5 %)	720 kg/m ³	675 kg/m ³	640 kg/m ³
Flexión	300 kg/m ²	280 kg/m ²	250 kg/m ²
Resistencia a la tracción transversal	7,5 kg/m ²	7 kg/m ²	6,5 kg/m ²
Resistencia a la tracción transversal después del ensayo	3 kg/m ²	2,5 kg/m ²	1,5 kg/m ²
Resistencia arranque tornillos en caras	140 kg/m ²	130 kg/m ²	115 kg/m ²
Resistencia arranque tornillos en cantos		115 kg/m ²	100 kg/m ²
Módulo de elasticidad	25.000 kg/m ²	25.000 kg/m ²	20.000 kg/m ²
Contenido en humedad	9 %	10 %	10 %
Hinchamiento	8 %	6 %	6 %

Biblioteca Atrium de la Carpintería - I

para en dos grupos, según se destine al interior o al exterior del tablero, siguiendo diferentes tratamientos de secado y encolado (figura 215). Posteriormente, viene el proceso de pre prensa y prensado, donde la manta de fibra se somete a un pre prensado para reducir su volumen antes de ser prensada. Una sierra circular dispuesta a la salida de la prensa corta el tablero en las medidas base que se planifiquen. El tablero es enfriado en un volteador; antes de apilarse para su estabilizado se ordena sin que haya contacto entre las planchas para que las fibras terminen su proceso de aglutinación por separado (figura 216). Para el acabado, el tablero se lija en dos o más lijadoras, las que permiten dar al tablero un perfecto acabado de superficie. Posteriormente, el tablero se escuadra en las medidas estándar en que se comercializa. Respecto al control de calidad, en este tipo de tableros se utiliza un sistema computarizado de supervisión que permite en cada momento conocer cualquier alteración del proceso, especialmente cuando se procede al prensado, donde cualquier anomalía del material es captada, al igual que su grado de humedad, textura y densidad (figura 217).

Tablero de fibras sin cola

Este tablero se forma sin la adición de ningún tipo de cola, ya que las propiedades adhesivas, tanto de la celulosa como de la lignina, son suficientes para la formación del manto del conglomerado.

Este tipo de tablero es extraordinariamente resistente a la humedad, no se astilla ni se pudre, con unas cualidades termoacústicas excelentes. El tablero de fibras se presenta en varias calidades, siempre con una cara lisa decorada y la otra rugosa en forma de malla; la cara a la vista puede asimilar distintos tipos de madera mediante un sistema de impresión de veteado, e incluso se pueden imprimir estas texturas naturales en perfiles irregulares, tales como molduras y marcos (figura 218).

El tablero de fibra lacado en blanco es el más empleado de todos los tipos, especialmente en la decoración de interiores, muebles y cocinas. Otras calidades con la superficie vista no acabada son el denominado tablero perforado y el que presenta relieves y efectos decorativos geométricos.

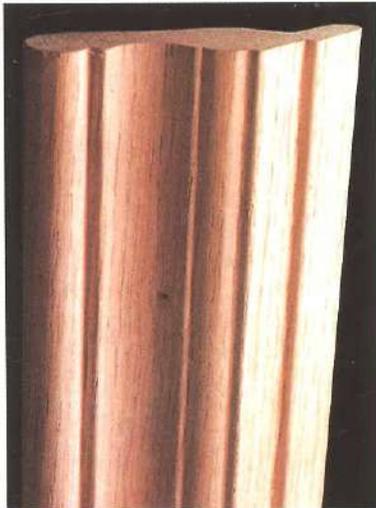


Figura 218

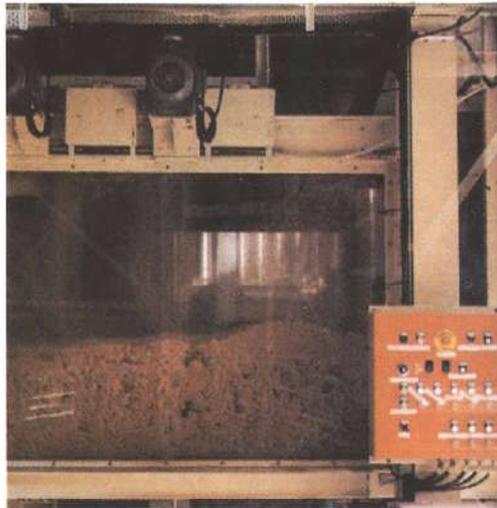


Figura 215

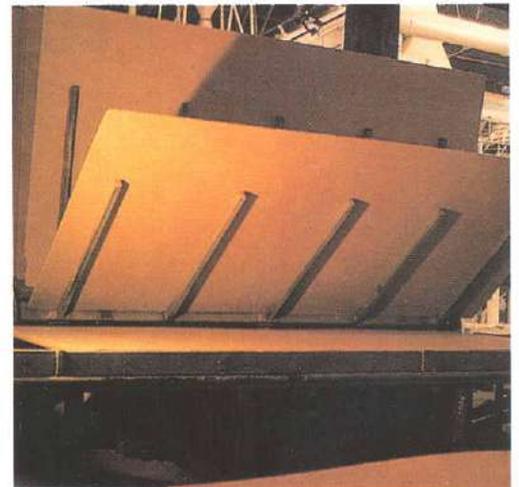


Figura 216

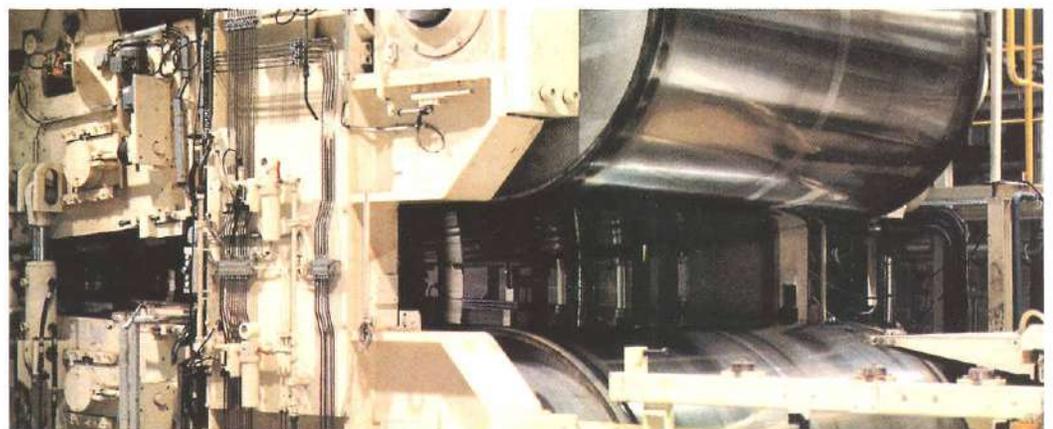
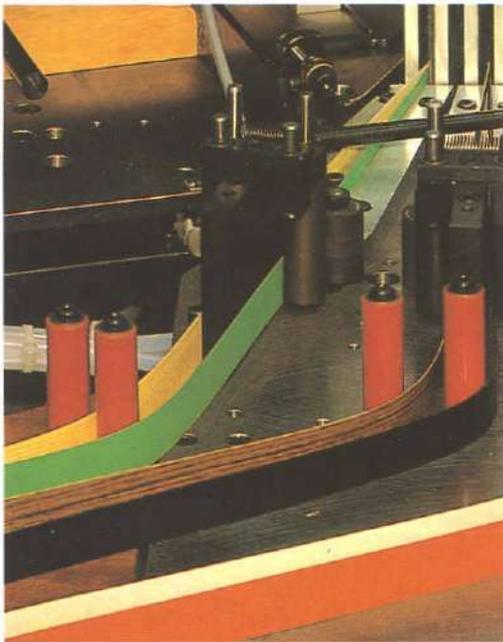


Figura 217



6

Materiales ajenos a la madera empleados en carpintería de taller y de armar

A partir de la base de la revolución que provocó el desarrollo de los paneles aglomerados y fibras se puede hablar de un sinnúmero de revestimientos de origen sintético que han ido diversificando el uso de estos tableros, tanto dentro del ámbito de la construcción como en el diseño de muebles y decoración de interior en general. A este grupo de superficies de material no orgánico lo denominaremos plásticos.

Existe también otro material, el metal, que desde antaño ha acompañado al hombre en su relación con la madera, ya que el metal ha sido fundamental en el desarrollo de la estructura y la construcción para obtener vigas, pilares y soportes en general, más resistentes y de mayor tamaño (figura 219).

La madera transformada en tableros ha sido la base primordial para que exista una mayor interrelación entre este material y los no orgánicos, ya que por su naturaleza homogénea y estable la unión o ensamble no presenta ningún problema, tanto para tableros aglomerados como para enchapados que se sirven de esta unión para reforzar sus puntos más débiles, como son los cantos y superficies en general (figura 220). Todas estas uniones serían muy difíciles de lograr con una madera, aunque fuera muy sana, ya que sus cualidades higroscópicas y anisótropas la harían trabajar con un rango mayor al de cualquiera de estos revestimientos, provocándose entonces, en consecuencia, el desprendimiento en las superficies de contacto por alabeos, torceduras o cambios de volumen.

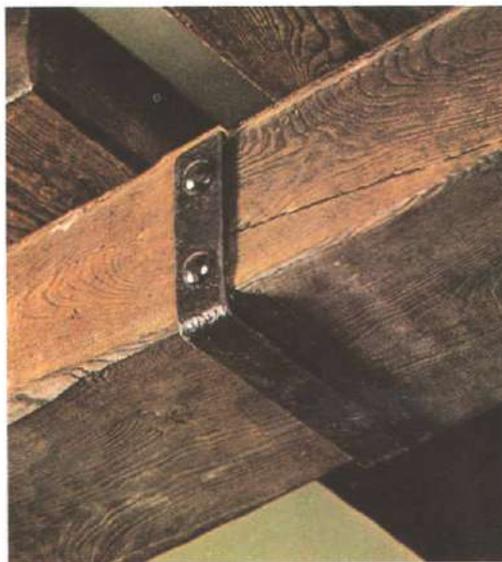


Figura 219

MATERIALES PLÁSTICOS

Los materiales plásticos empleados en el ramo de la madera son, en general, un material de revestimiento consistente en una chapa o tablero sintético y satinado, trabajado con una alta tecnología, con una gran variedad de diseños y acabados y sobre todo muy resistente, pudiéndose lograr acabados lisos brillantes, lisos mates, con texturas y colores diversos. A continuación se describen una serie de subproductos plásticos que actualmente existen y que son parte de una gama muy extensa que está en constante evolución y perfeccionamiento.



Figura 221

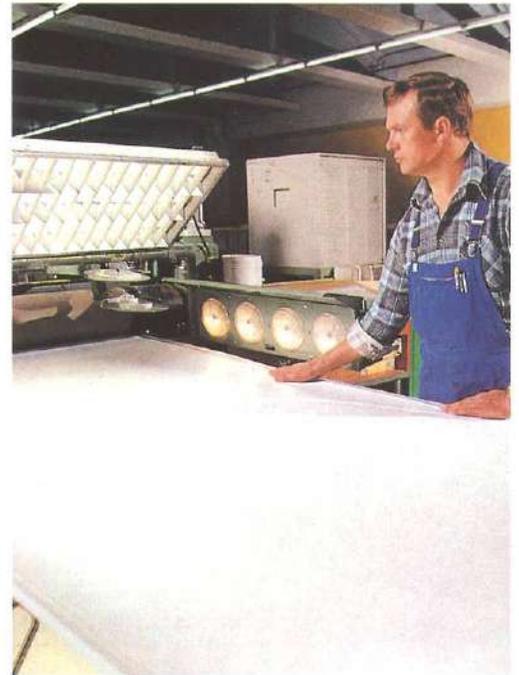
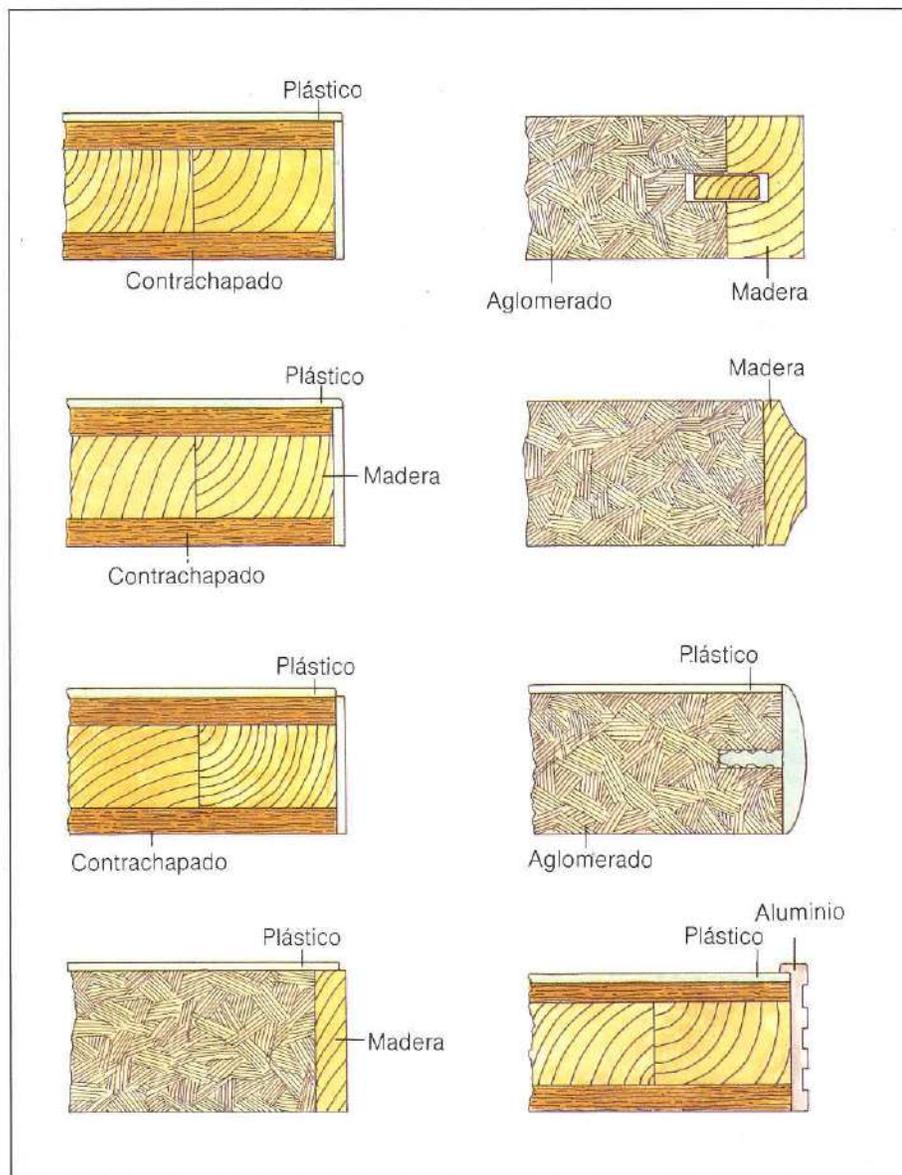


Figura 222

Figura 220



Bandas de laminados y melamina

La fabricación de este material puede tener impresiones de cualquier color o textura deseada. Este producto llegó al mercado bastantes años después de la aparición de los estratificados o laminados plásticos. En un primer momento, el material de estas bandas laminadas eran papeles con impresión, con imitaciones de excelente calidad, dependiendo del número de tintas empleadas y de la madera que se tratara de aparentar (figura 221). Estos papeles pueden tener una gran variedad de calidades, ya que posteriormente pueden recibir un tratamiento especial de impregnación de resinas. Según la impregnación realizada, el papel, una vez prensado en un tablero de partículas, de fibras o aglomerado, puede no necesitar ya ningún tipo de acabado. El empleo de resinas de aminoformol en la impregnación puede permitir la obtención de papel que, con el prensado en platos calientes y con una total polimerización de las resinas utilizadas, es de una calidad muy elevada y de una resistencia que lo hace comportarse como un material de plástico. Cuando los papeles de celulosa son impregnados de resinas melamínicas se obtiene un tablero melaminizado con grandes propiedades de calidad, por su buena similitud con la madera, y de calidad por su comportamiento sintético.

Todo este proceso necesita una tecnología e infraestructura muy avanzadas, como, por ejemplo, las máquinas impre-

soras de más de 200 cilindros de decorado. Con reproducciones de madera o diseños de fantasía pueden dar papeles de hasta un ancho de 220 cm que pueden ser impregnados y recubiertos de ambos lados en una sola operación (figura 222).

La transformación de la banda de laminado en tiras de canto se lleva a cabo en máquinas automáticas de corte de alta precisión. La labor del hombre se limita a la alimentación y descarga del material. Estas bandas pueden ir preencoladas con cola blanca, que se aplica al reverso del canto, secándola posteriormente con rayos I.R. hasta un 95 %. La humedad constante permite su posterior activación y unión al soporte, y la cola termofusible puede ser reactivada con una simple plancha en el momento de ser colocada (figura 223).

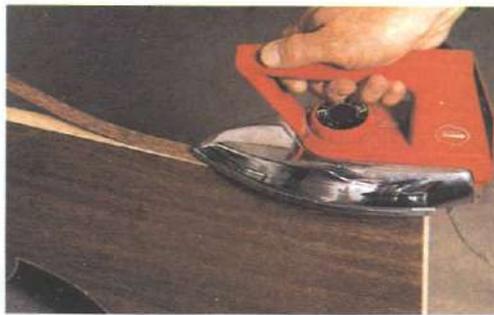


Figura 223

Materiales ajenos a la madera empleados en carpintería de taller y de armar

CARACTERÍSTICAS DE UN PANEL FORMADO EN MELAMINA

Si tomamos como base un panel de fibra de densidad media, recubierto en ambas caras con papeles impregnados con resinas de melamina (figura 224), se distinguen las características detalladas en el cuadro XXX.

Por las características descritas, este panel puede ser utilizado en cocinas, cuartos de baño, dormitorios, mobiliario en general, en revestimientos para colegios y hospitales, y además puede ser lacado, dando como resultado un buen producto de decoración.

LAMINADOS PLÁSTICOS

Estos tableros de plástico estratificado o laminado decorativo están fabricados con hojas impregnadas con resinas fenólicas, cuya constitución se compone de tres partes: el soporte o base, cuyo grosor dependerá de la cantidad de hojas de papel tipo kraft; la penúltima capa, que es la que lleva impresa la extensa gama de

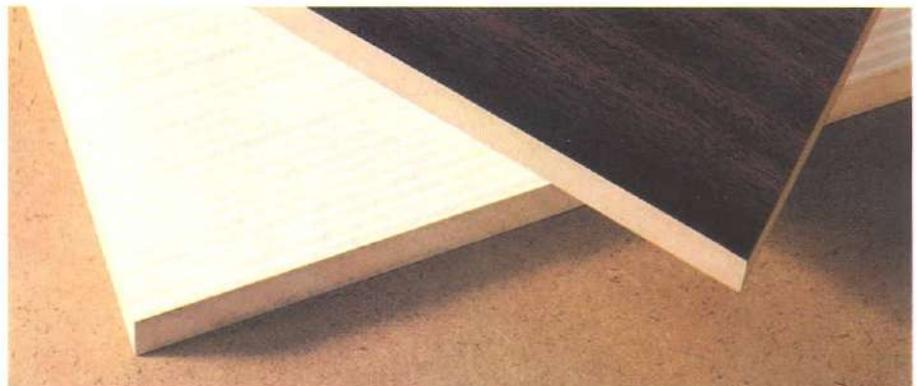


Figura 224

Características	Descripción
Dimensiones (mm)	2.440 × 1.220, 2.440 × 1.830, 2.750 × 1.830 y 3.660 × 1.830
Espesores (mm)	8, 9, 10, 12, 15, 16, 18, 19, 22, 25, 28 y 30
Diseños y acabados	En una amplia gama de colores. Acabados compatibles con tableros de aglomerado recubierto con melamina
Resistencia a la abrasión	La pérdida de peso después de 100 revoluciones es de menos de 90 mg
Resistencia a fisuras	Ningún cambio visible
Porosidad	Ausencia de porosidad (especificaciones internas)
Resistencia a productos químicos y domésticos	Ácido acético (10%), Caramelo (180 °C), Jabón de Marsella, Vino tinto (11°), Aceite vegetal para cocinar a 150 °C y 300 °C
Adhesión del papel de melamina	Promedio de 8 kg/cm ²
Tolerancias en longitud y anchura	± 2 mm/m (máx.); 10 mm máx. para tableros > 4 m de longitud
Tolerancia en espesor	0,0 mm/+ 0,3 mm

Cuadro XXX

colores o dibujos decorativos; y la última capa, que protege a la anterior mediante una hoja transparente colocada encima, impregnada de una resina incolora de gran dureza. Todo este conjunto de elementos está sometido a una gran presión por medio de un prensado a unos 200 °C para que se produzca el endurecimiento o polimerizado total de todo el conjunto de papeles y folios, convirtiendo el tablero en un bloque homogéneo.

Actualmente, se fabrican laminados plásticos en una gran variedad de acabados que pueden ser brillantes, satinados, mates, con efectos rugosos o lisos, e incluso se ha elaborado un tipo de laminado plástico que permite el postformado, es decir, la adaptación de este material a todo tipo de formas, lo que ha sido toda una revolución en el campo de los muebles de cocina y baño, ya que permite obtener cantos curvos, lo cual evita el desgaste del material propio de los ángulos de 90°, y además se puede obtener una continuidad entre superficie y canto, evitándose, en el caso de los baños y cocinas, que el agua pueda afectar la unión entre el revestimiento y el tablero (figura 225).

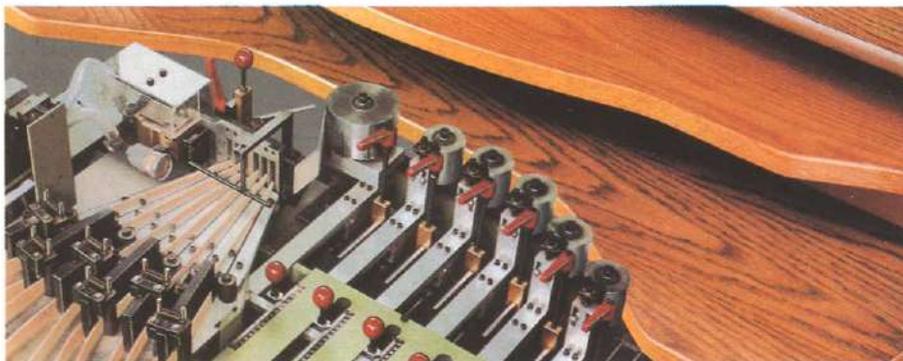


Figura 225

Características más importantes del laminado de plástico

a) Tiene una gran facilidad de corte, tanto por sierras mecanizadas como por las manuales, ya que se puede cortar en cualquier sentido de igual manera.

b) Es un material que se limpia fácilmente, tanto con detergentes acuosos como orgánicos. En muchos casos basta agua y jabón.

c) Tiene una gran resistencia a las altas temperaturas, agua hirviendo o metales calientes, llegando a resistir temperaturas de hasta 150 °C sin deterioro o pérdidas de color.

d) Frente al roce y al desgaste tiene una gran resistencia siendo su duración indefinida, por lo que se puede emplear en muebles que tengan mucho uso, como mostradores o mesas públicas.

e) Exceptuando algunos productos químicos muy fuertes que generalmente no existen en un hogar, su superficie permanece inalterable a las manchas producidas por los colorantes ordinarios y a las habituales manchas domésticas.

f) No se producen en la superficie hendiduras, contracciones o grietas.

Proceso del laminado plástico

La evolución de la técnica del laminado ha desarrollado complejas máquinas que han dado como resultado una gran variedad de tratamientos, no sólo pieza por pieza, sino que dentro de una misma superficie o terminación de canto se han podido hacer verdaderos trabajos de ebanistería a máquina y con una precisión absoluta, combinando texturas y colores de maderas diferentes, dándole al tablero aglomerado o de fibras un nivel propio de la marquetería y de las maderas nobles (figura 226). Las terminaciones de canto y revestimiento de borde han sido las que han generado una mayor especialización y complejidad en los procesos mecánicos, ya que en una sola pasada de máquina existen una serie de rodillos que fijan, presionan, amoldan, fusionan y liján cinco o más capas en que el laminado plástico va incorporándose a una pieza de tablero (figura 227).

Modo de trabajar los estratificados y laminados plásticos

Para trabajar estas planchas de plástico se seguirán las normas generales dadas para los chapados, si bien, por ser un

Figura 226



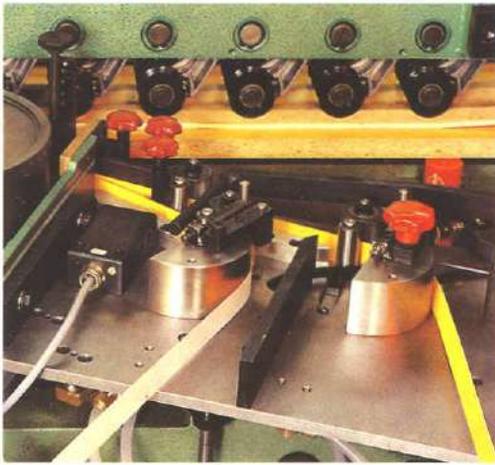


Figura 227

material más fuerte y de características especiales, se tendrán en cuenta las siguientes normas:

ASERRADO MATERIAL

Para cortar una plancha se deberá trabajar o cortar sobre una superficie plana y mayor a la del tablero, donde se colocará con el dibujo hacia arriba, y con un lapicero blando se marcarán las líneas a la medida que quiera cortarse.

Si se corta manualmente debe hacerse por encima de la línea marcada una hendidura suave con un punzón de acero, de modo que se raye el barniz de la parte decorada, y seguidamente con una sierra rígida, de dientes afilados y finos de 4 a 5 cm, se podrá empezar a cortar lentamente, ya que si no se cumplen estas condiciones el barniz plástico de los bordes podría saltar. Si se quiere hacer un corte de mayor precisión, se deberá pasar el punzón 4 o 5 veces para que la plancha quede en posición de ser quebrada como quien corta un vidrio. Si la plancha ya está fijada al tablero se tendrán que adoptar las mismas precauciones del principio del corte, obviando el último punto de "quebrado".

Si la sierra es mecánica, podrá ser circular o de cinta, y si es la primera será aconsejable que sea de acero extrarrápido, con un diámetro no menor a los 15 centímetros. Si el corte se hace con sierra de cinta, ésta ha de ser de acero al manganeso y con dientes preparados como si se tratase de chapa metálica.

Si se desea que el corte que vaya a hacerse sea perfecto, sea cual fuere el procedimiento de aserrado, sobre la línea que se ha trazado para hacer el corte y en toda la longitud de la plancha que se vaya a cortar se pegará un papel engomado corriente. Con esta precaución se

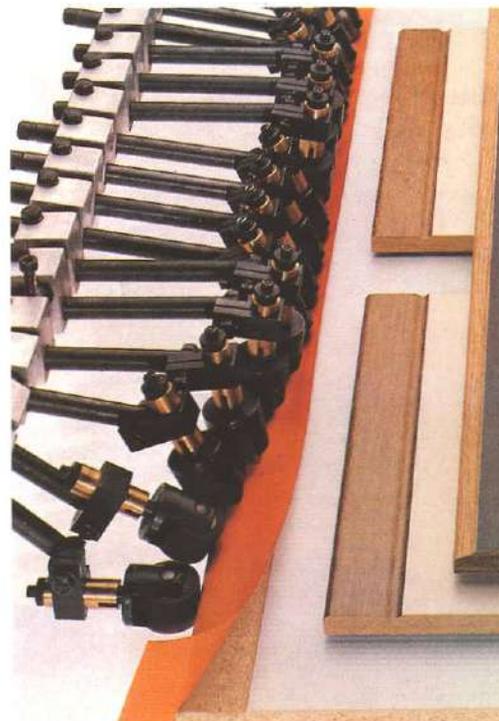
podrá obtener una arista viva sin el barniz saltado.

LAMINADO DE POLIÉSTER (TACÓN)

Cuando este producto se introdujo en el mercado, básicamente era un laminado en continuo a base de resinas de poliéster con el nombre comercial de Tacón. Era el tiempo de los muebles de alto brillo. Las lacas de poliéster desplazaban a los acabados pulidos, mates y otras formas de acabado superficial. En la construcción de barcos el poliéster ya se había caracterizado por su resistencia al agua de mar y a la intemperie. Su gran resistencia a los productos químicos quedaba demostrada, y así irrumpió también en el ámbito de la carpintería y del mueble en poliéster como aplicación de superficies en tableros de madera aglomerada y de fibras por medio de adhesivos y sistemas de prensado. La introducción en la industria del mueble tuvo lugar a través del material de revestimiento de cantos, dado que el Tacón fue el primer canto continuo que pudo utilizarse en las nuevas máquinas canteadoras automáticas y rápidas (figura 228).

La investigación y el desarrollo contribuyeron a que las fórmulas de las resinas se mejoraran y con ello las características de su uso, así en la década de los 70 se presentó una forma de recubrimiento mediante vacío, cantos redondeados, elevaciones y hundimientos. Se hizo posible el

Figura 228



Materiales ajenos a la madera empleados en carpintería de taller y de armar

Biblioteca Atrium de la Carpintería - I

recubrimiento del segmento circular, con radios de 600 mm a 850 mm y canto redondeado con radios de hasta 8 mm. Las técnicas de grabado y fresado superficial hicieron surgir puertas de frentes de cocina que presentaban fantásticos efectos nuevos (figura 229).

El Tacón se puede encontrar en una gran variedad de diseños, texturas y colores, teniendo la ventaja de ser insensible a las huellas, estable a la luz y con una buena reflexión lumínica, característica que impide que esta superficie deslumbré (figura 230).

Aplicaciones del laminado de poliéster

Por las buenas características del Tacón y sus múltiples posibilidades de aplicación, los ámbitos de uso son variados, distinguiéndose los siguientes:

MOBILIARIO

En estructuras modulares y muebles de oficina; en muebles de salón donde se quiera resaltar la curva como elemento de diseño; en muebles de laboratorio donde se desee una superficie resistente a los ácidos y a las bases así como otros productos químicos como disolventes y desinfectantes; en muebles de cocina, baño y dormitorios de niños donde se quieran eliminar las esquinas agudas y los desconchados que se puedan producir con algún golpe y crear un ambiente seguro con esquinas y cantos redondeados;

en todos aquellos recintos húmedos como piscinas y duchas donde se requieren superficies impermeables con un mínimo de juntas.

DECORACIÓN

Por las características técnicas y su capacidad de adaptarse a cualquier superficie se presenta como un buen material para crear formas, en diseño de puertas de cocina grabadas, fresadas o postformadas. También se puede utilizar en el diseño de muebles, creándose formas de una pieza anatómicamente perfectas (figura 231). Otra de las características de este material es que, como revestimiento, se puede unir a todos los soportes habituales en el mercado de la madera y del plástico, y se puede pegar con cualquier adhesivo conocido, generando un postformado extremo que alcanza radios mínimos, incluso radios diferentes dentro de una misma superficie o recubrimiento con postformado en dos direcciones a 180°, lo que permite decorar y cambiar superficies y texturas de muchos materiales, convirtiéndose la decoración en transformación (figura 232).

Variaciones del laminado de poliéster (L.P.)

Básicamente el Tacón se aplica en dos formas de revestimiento: el rechapado Tacón, que es un laminado de poliéster sobre tablero aglomerado, presentando una buena terminación superficial y cantos limpios, lo que, unido a la solidez del tablero base, hacen de este producto un material de utilidad en la industria del mueble, la decoración de interiores, construcción naval y mamparas de separación. Existe también una variante que

Figura 229



Figura 230

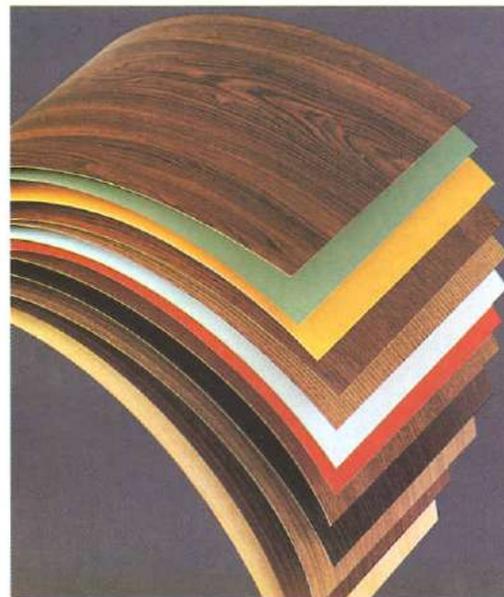


Figura 231



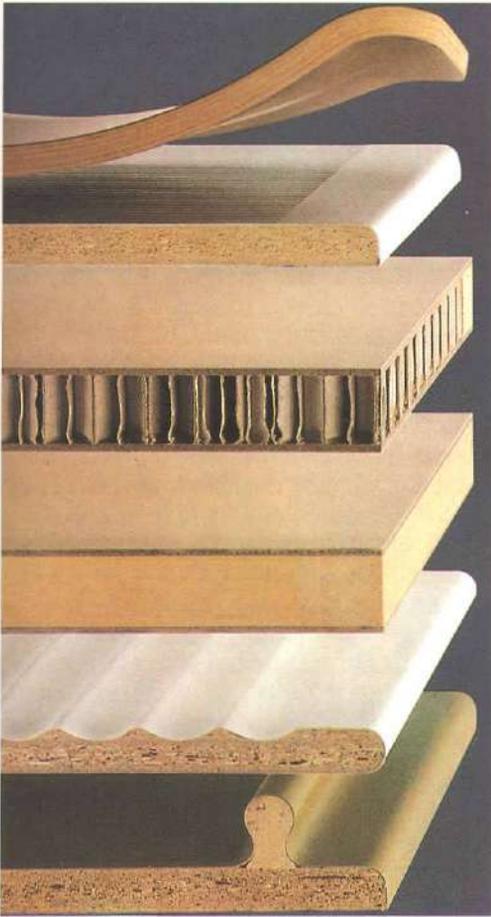


Figura 232

es el rechapado plano-grabado, que añade un diseño determinado en una o dos caras, en espesores de 11, 16 y 9 milímetros y dimensiones de planchas de 1.220 x 2.440 mm.

EL POSTFORMADO TACÓN

Es un laminado de poliéster sobre tablero aglomerado o de fibra que puede adquirir curvas tanto en los cantos del tablero como en su superficie, permaneciendo siempre postformable, incluso después de un almacenamiento de varios años. Existe también una variante que es el grabado Tacón, en cuya superficie, mediante una tecnología avanzada y sofisticada, se realiza el grabado en diseños atractivos y variados. Este tipo de revestimiento se presenta tanto en medidas estándar como en medidas sobre pedido, donde según el diseño se condicionarán el postformado, el grabado superficial y el color.

Existe además una especialidad de laminado de poliéster llamado tipo de fresar que tiene de dos a tres capas de papeles decorativos. Por medio de fresado con diferentes perfiles surgen líneas de varios colores, dando una variación

muy atractiva. De igual manera, se pueden suprimir los colores de las capas y obtener un dibujo de bajorrelieve de perfecta terminación (figura 233).

VENTAJA DEL LAMINADO DE POLIÉSTER SOBRE EL PLÁSTICO

Un problema que presentaban los laminados plásticos era el canto de color negro que obligadamente dejaba el papel kraff, que es la base resistente del material. Este inconveniente se ha superado y los fabricantes más aventajados han sacado al mercado el laminado de poliéster, el cual elimina esta tira negra haciendo toda la base del mismo color.

Este material se constituye de diversas chapas que juntas forman un cuerpo duro y resistente, pudiéndose incluso torneear sus cantos plasmando formas geométricas caprichosas. El único inconveniente que tiene este laminado de poliéster es el elevado precio que adquiere como producto en el mercado de alta tecnología de elaboración.

MATERIALES METÁLICOS

En general, los elementos de madera están formados por piezas independientes y unidas entre sí ya sea por cortes de unión o por algún material que cumple esta función y que generalmente es metálico. En términos estructurales, estas

Materiales ajenos a la madera empleados en carpintería de taller y de armar

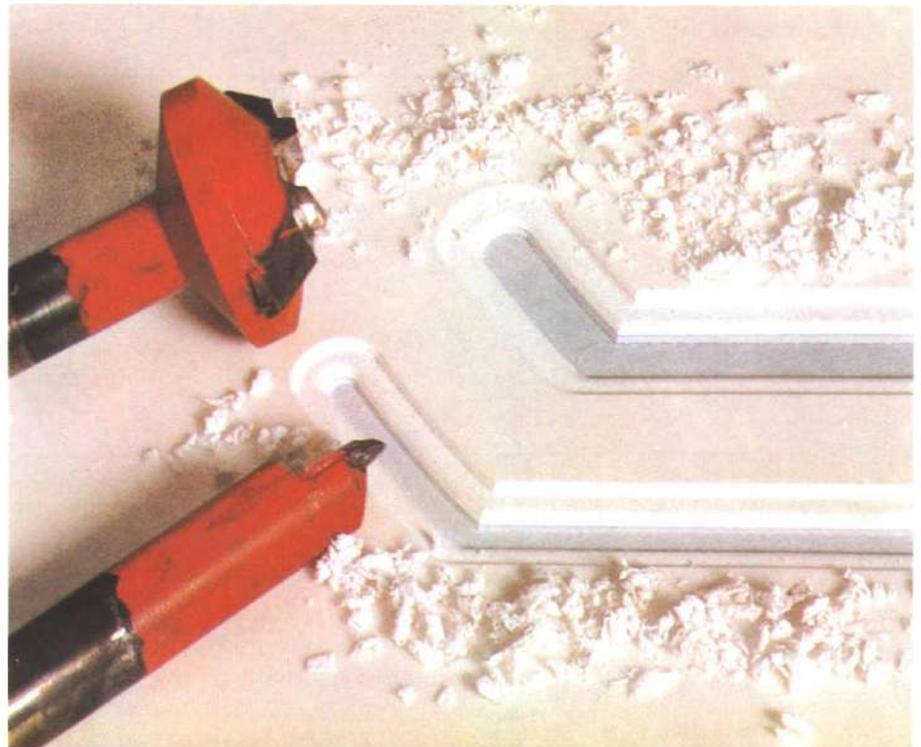


Figura 233

uniones constituyen puntos débiles que es necesario estudiar con todo detalle, ya que la fatiga o colapso de una estructura se puede presentar por la falta de resistencia de cualquiera de estas uniones metálicas.

Otro de los nexos entre metal y madera lo constituye la herrajería, donde un sinnúmero de piezas se han ido adaptando al rápido desarrollo de los tableros de fibras y a sus aplicaciones. Tampoco se puede olvidar que la tecnología de la madera laminada no sería posible si no existieran piezas metálicas de soporte y articulación que permitan a estas piezas de madera compuesta salvar grandes luces y formar espacios singulares.

Comportamiento de las uniones

Las uniones se denominan empalmes cuando las piezas se enlazan por sus testas o cabezales, ensambles si las piezas forman un ángulo y acoplamiento cuando los distintos elementos se unen por sus cantos. En todas las uniones que se pueden producir entre dos piezas de madera conviene distinguir los tres medios de unión más empleados: el encolado, los clavos y los pernos.

Estructuralmente conviene conocer la carga de rotura y rigidez, es decir, la deformabilidad que puede soportar, en cada caso, la madera bajo las cargas de servicio (figura 234).

Como norma general puede decirse que cuanto mayor es la superficie de los elementos de unión, más rígida es ésta. Así, las uniones menos deformables son las encoladas, siguiendo a continuación las realizadas con llaves, anillos, clavos y, finalmente, pernos.

Las uniones, generalmente, se calculan a rotura con un coeficiente de seguridad de tres, es decir, que las sollicitaciones provocadas por las cargas de servicio (flexión, corte, cizalle, alabeo, pandeo, tracción y compresión, entre otras) deben ser un tercio de las de rotura. Otro límite para determinar la carga que puede resistir la unión corresponde a aquella fuerza que origina un desplazamiento relativo de las piezas de 1,5 mm. Este último límite puede ser determinante para dimensionar aquellas uniones en las que se emplean pernos.

Medios de unión

Dentro de las uniones metálicas existe una gran variedad de piezas que van desde la sencillez del clavo a la complejidad de rótulas múltiples para piezas de madera laminada. La industria de las casas prefabricadas ha ayudado a generar muchas piezas metálicas de unión y ensamble entre los módulos que constituyen el sistema.

CLAVOS

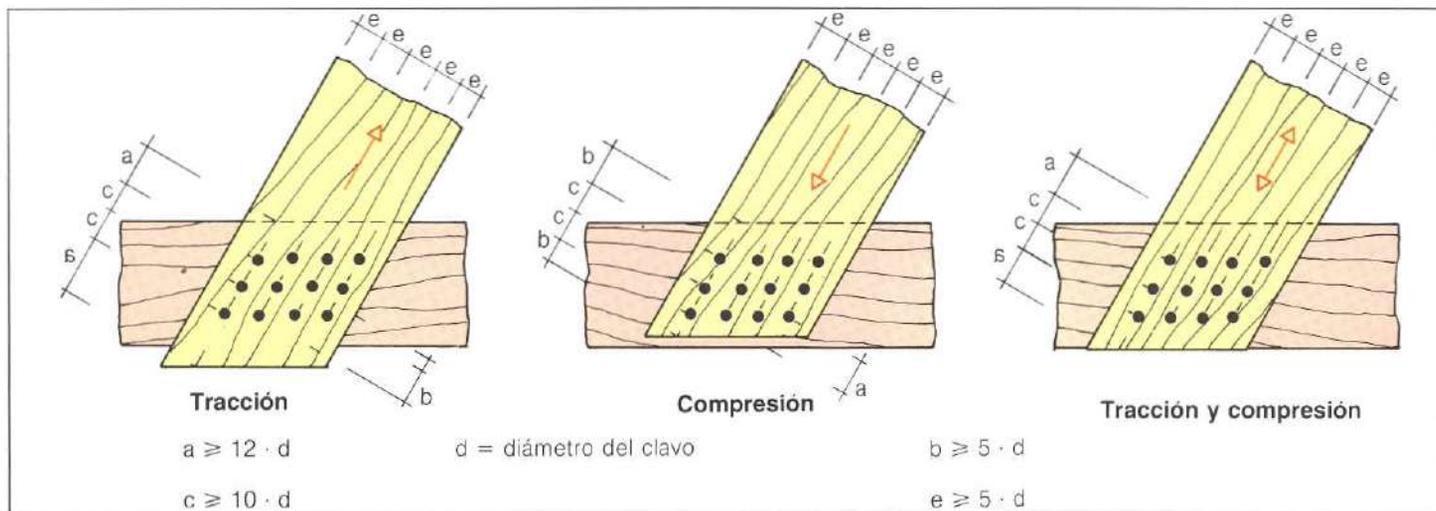
Según el espesor de la madera se usarán diferentes diámetros de clavos para evitar la rotura de la pieza clavada, ya que si la madera está muy seca y su espesor es reducido puede producirse una separación de las fibras por falta de cohesión de la masa leñosa, por ello se de-

Cuadro XXXI

Tipo de madera	Espesor de la madera	
Maderas blandas	$e \leq 30 \text{ mm}$	$e > 30 \text{ mm}$
	$d \leq e/7$	$d \leq e/9$
Maderas duras	$d \leq e/9$	$d \leq e/11$

e = espesor de la madera; d = diámetro del clavo

Figura 234



ben respetar las condiciones expuestas en el cuadro XXXI.

Para diámetros superiores a 6 mm es preciso realizar un pretaladrado con un diámetro igual a $(d-2\text{mm})$ para evitar la hienda de la madera.

También son importantes las separaciones mínimas que pueden tener los clavos sobre la cara mayor de una pieza de madera, ya que si no se respetan estas distribuciones la unión lejos de reforzarse se debilita, porque el radio de sujeción de cada clavo queda superpuesto al del vecino produciéndose un colapso en las fibras de la masa leñosa. Las distancias variarán según las cargas de servicio a las que esté sometida la unión (figura 235).

Otra de las condiciones que se debe respetar en el momento de clavar la madera es cuidar de la longitud de penetración del clavo en la masa leñosa, ya que si se tienen dos o tres tablas de espesor "e" el clavo que las une no podrá dejar menos de $1,5 \times "e"$ de madera en la última tabla sin penetrar.

PERNOS

Los pernos se usan mucho para el acoplamiento de vigas y pilares, donde a veces se necesitan escuadrías mayores que las disponibles a causa de la resistencia a que han de someterse, ya que no se dispone de la altura suficiente para recurrir a un sistema resistente triangulado. Los pernos, al igual que los clavos, tendrán que cumplir con ciertas condiciones para que su función sea la óptima: su diámetro tendrá que ser igual o superior a la sexta parte del espesor de la madera, mientras que la madera más delgada tendrá que tener un espesor mayor o igual a la mitad del espesor más grueso que se pretenda unir con un perno.

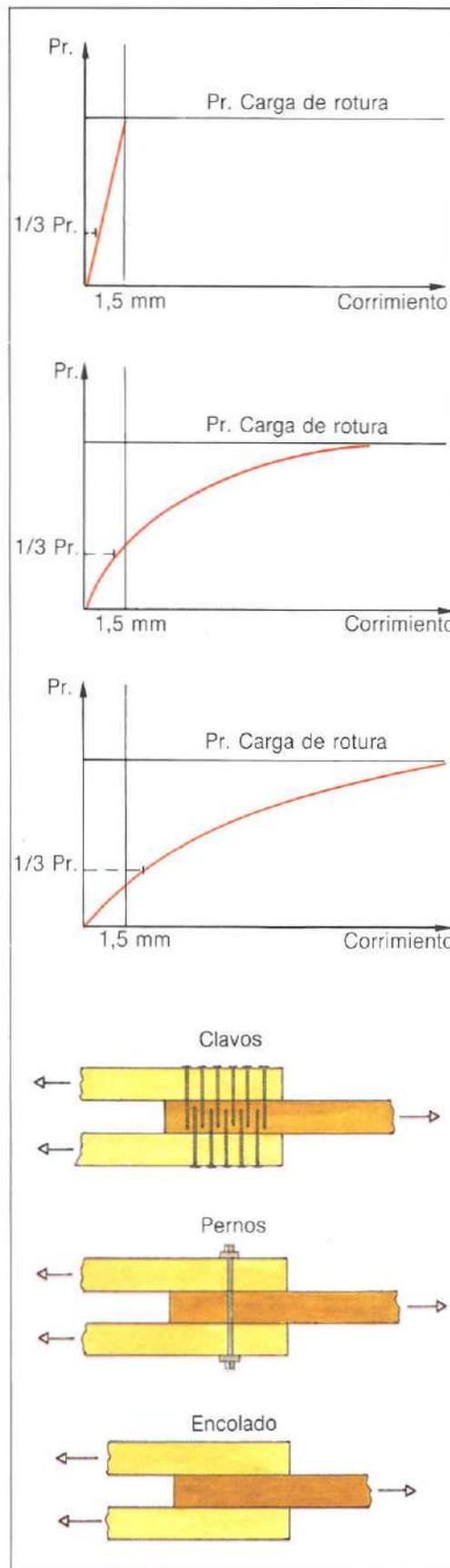
A continuación se describen algunas de las modalidades de acoplamiento que permiten los pernos (figura 236):

a) Acoplamiento plano

Es el más sencillo. Las piezas, colocadas una sobre otra, están unidas por tornillos de tuerca con arandelas planas.

b) Acoplamiento de llaves

Se superponen las dos piezas, como en el caso anterior, pero para prevenir el po-



Materiales ajenos a la madera empleados en carpintería de taller y de armar

Figura 235

sible deslizamiento de una sobre la otra están entalladas con llaves o piezas transversales de madera dura compuestas por dos cuñas; en la figura se ve el acoplamiento con llaves entre cada dos pernos, que es la modalidad más segura.

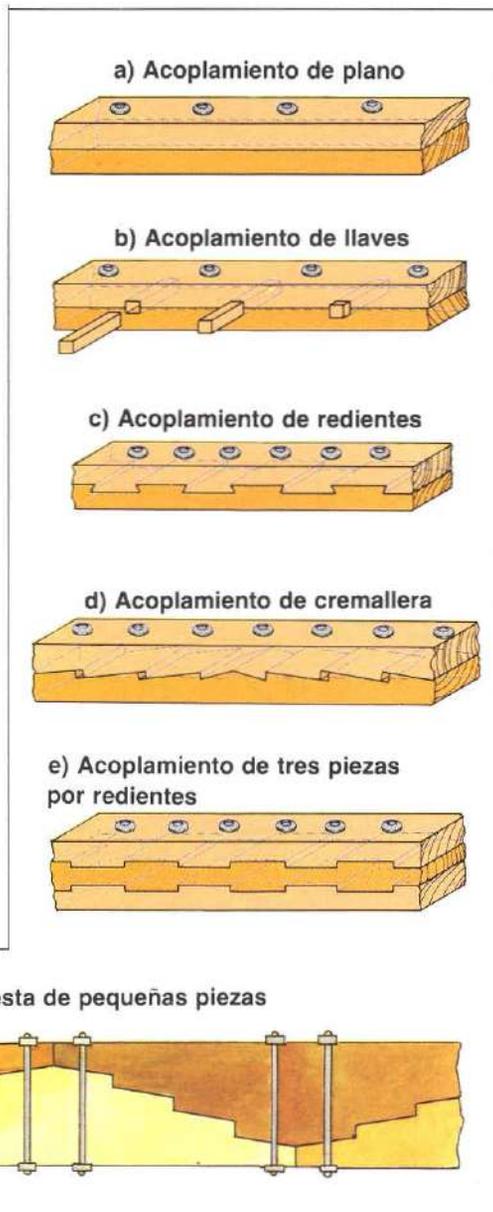


Figura 236

e) Acoplamiento de tres piezas por redientes

En todos los acoplamientos anteriores, formados por piezas simétricas y suponiendo un perfecto ajuste, la juntura se puede considerar como la fibra neutra de la pieza compuesta, libre por tanto de toda tensión, a menos que exista una carga muy grande que pudiera ocasionar un deslizamiento sensible de una de las piezas sobre otra. En este punto es donde las llaves o piezas de trabazón transversal tendrían su eficacia, al igual que las cremalleras y redientes. Pero no ocurre lo mismo en las vigas formadas por tres piezas, pues al encontrarse las juntas alejadas de la fibra neutra puede haber alargamiento sobre la superficie de la junta inferior y acortamiento sobre la superficie de la junta superior. Entonces será cuando las llaves, redientes y cremallera trabajarán inmediatamente, oponiéndose al deslizamiento que de otro modo se produciría.

f) Viga compuesta de pequeñas piezas

Puede presentarse en el caso de que no se disponga más que de piezas de longitud reducida. Entonces es necesario recurrir a unas uniones mediante pernos, reforzando convenientemente las juntas de estos cabezales por medio de bridas con talones. Este acoplamiento de redientes estará mejor realizado si se utilizan llaves.

c) Acoplamiento de redientes

El montaje se hará presentando las piezas lateralmente, pues la forma de los encajes impide hacerlo por superposición; también va reforzado con pernos que mantienen a compresión el conjunto de piezas.

d) Acoplamiento de cremallera

Se diferencia del anterior en que el recortado se hace en forma de dientes de sierra, practicado en sentido inverso a partir del centro de la pieza, dejando huecos para introducir llaves. Es el sistema más compacto y robusto en dos piezas acopladas, usándose en vigas que pueden sufrir algún movimiento o sismo.

Acoplamiento de madera y hierro

Este tipo de unión se emplea tanto en vigas como en pies derechos, y se obtienen buenos resultados, ya que la madera actúa como un protector del perfil metálico si va en exteriores y en interiores sirve de revestimiento y camuflaje de la viga de hierro. Los perfiles que se pueden utilizar pueden ser en U, T, L e I entre dos o más piezas de madera (figura 237a), sujetándolos con tornillos de tuerca; cuando se trata de un pie derecho el perfil ayuda a que la pieza resista a la compresión, al pandeo o la flexión lateral. Por ejemplo, se puede tener un pie derecho de piezas de madera cruciforme con platinas en ángulo de 90° de hierro, que ayudan a ahorrar material con la misma resistencia que un pilar de madera de mayor sección. Cada una de las cuatro piezas de madera

Viga compuesta
con perfil de hierro

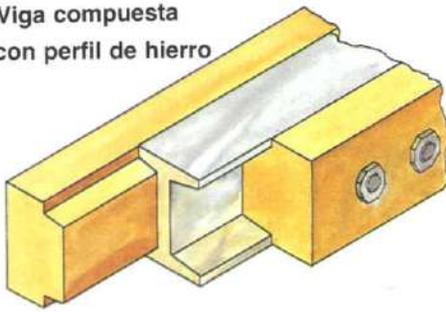
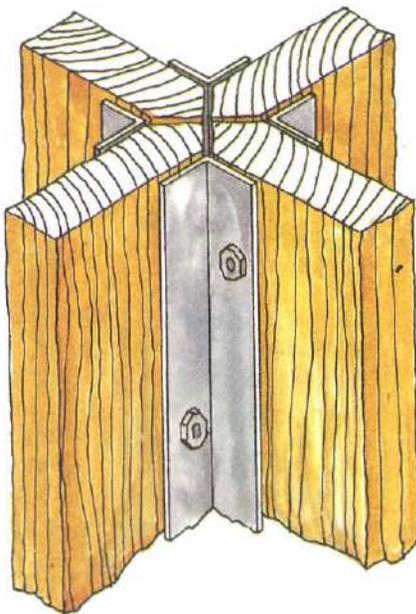


Figura 237a

Figura 237b

Pie derecho con pletinas de hierro



confluye en el centro con dos de sus caras biseladas a 45° y aseguradas por los ángulos metálicos fijados a la madera con pernos (*figura 237b*).

ENLACES METÁLICOS EN CHAPA PLEGADA

Con el desarrollo de las casas prefabricadas de madera también se generó un avance de los medios de conexión y enlace, que permiten la instalación en menor tiempo y con un mínimo de mano de obra; por ello se han reemplazado los sistemas tradicionales de carpintería por piezas de metal, que son capaces de unir dos vigas de madera de gran escuadría con un mínimo de modificaciones en sus secciones, ya que las escuadras metálicas se adaptan a la unión, facilitándola en su instalación y manufactura (*figura 238*).

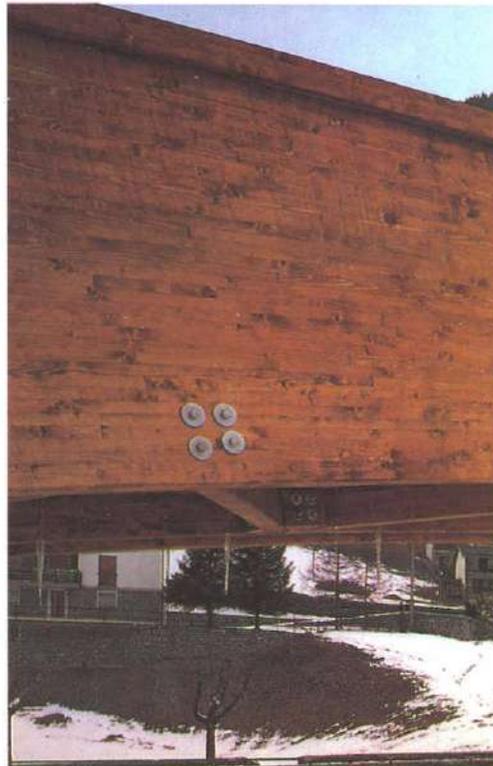


Figura 238

En general, en cuanto al costo, el de estos elementos nuevos llega a ser menor que el de la mano de obra que se ahorra, por lo que su empleo ya está muy difundido en el mundo entero. Es el caso de las escuadras metálicas (en chapa plegada) como reemplazo del clásico ensamble de caja y espiga y de otras uniones de trabajo mediano en madera.

En la *figura 239* se pueden observar los tipos más frecuentes de enlaces que se presentan en pareja o en unidad según su función, para adaptarse a los diversos casos de unión. Por lo general, no se afianzan con tornillos (de colocación demorosa), sino con clavos especiales, de espiga rugosa, que aseguran una máxima adherencia a la madera. Estas piezas tienen más agujeros que los que se han de usar para elegir de este modo los más convenientes, según la posición de las piezas de madera.

Naturalmente se evita clavar muy cerca del extremo de las piezas o de sus bordes. Estos enlaces en chapa plegada pueden tener un espesor que varía entre 2 y 4 milímetros.

CONECTORES METÁLICOS EN PLACAS

Son conectores metálicos muy usados en construcciones de rápido ensamblaje y en sistemas prefabricados de estructuración; son muy veloces ya que mediante

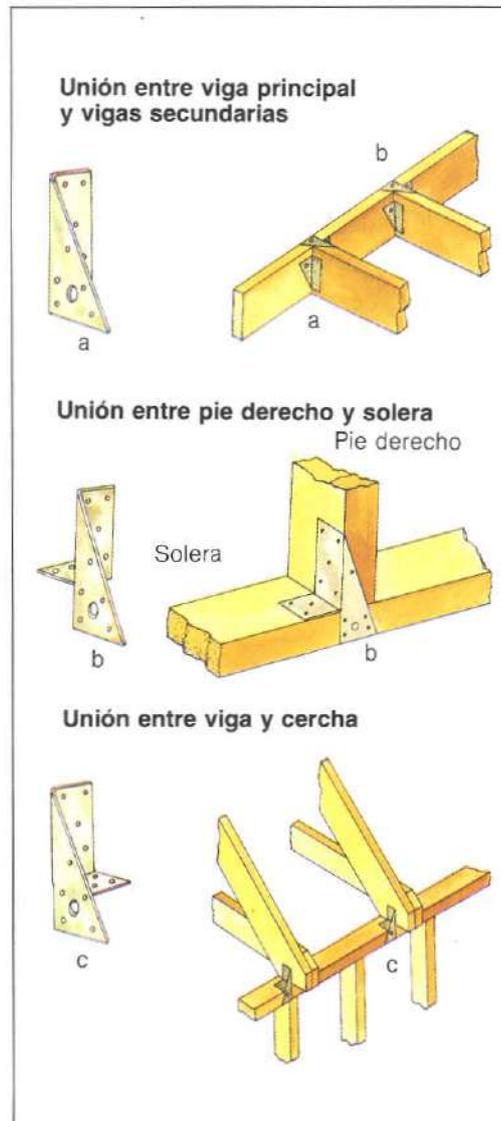
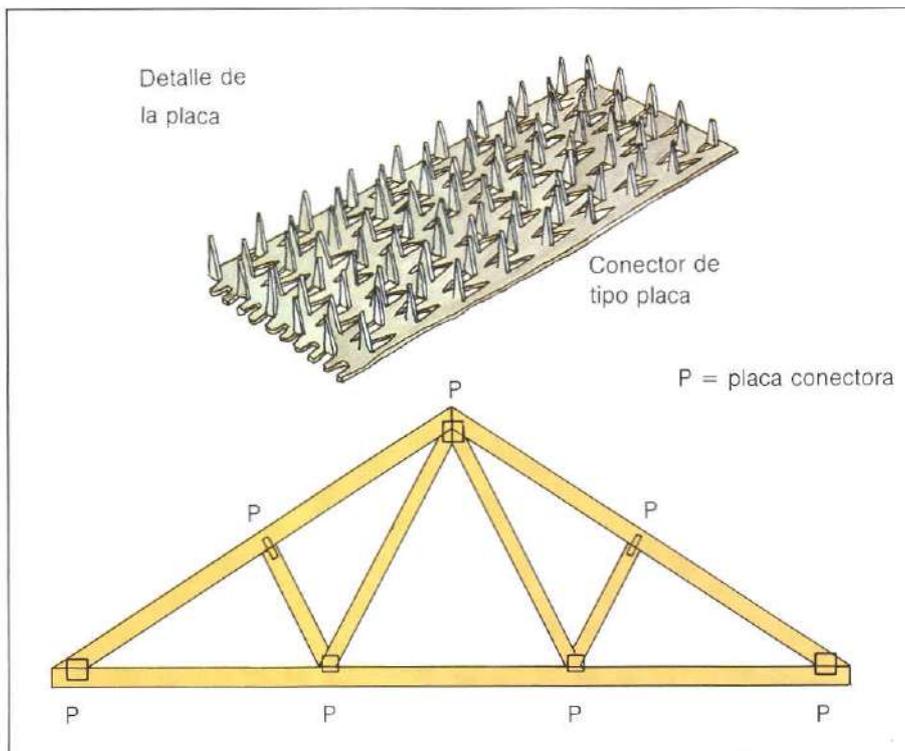


Figura 240

Figura 239



placas dentadas y un simple martillo se pueden unir toda clase de piezas de madera, en cualquier ángulo y sin ocupar prácticamente ningún espacio, siendo una de las características más importantes que la madera no se perfora y, por tanto, no se debilita en su función estructural por la acción de los clavos y los pernos. Son de fácil colocación y sólo es necesario dar a las piezas que se quieren unir los cortes de sección adecuados para obtener la forma deseada.

Como estos conectores solamente pueden unir dos o tres piezas de madera en un mismo plano, son muy utilizados en la construcción de cerchas para cubiertas (figura 240).

CONECTORES METÁLICOS EN MADERA LAMINADA

El desarrollo de la madera laminada como producto de alta tecnología ha requerido sistemas de unión y enlaces metálicos de características especiales. Con la madera laminada nace el concepto de rotulación en la madera, ya que la articulación se puede obtener a través de rótulas metálicas, consiguiéndose luces y espacios más amplios y anchos por el solo hecho de no tener puntos de contacto rígidos, y tendiéndose con esto a anular el coeficiente de ruptura por tracción o compresión, transformándose estas fuerzas en movimiento capaz de ser absorbido por las articulaciones entre madera y metal (figura 241).

Estas articulaciones pueden ser ficticias cuando, por ejemplo, en la clave de un pórtico o arco con luces inferiores a 40 metros y con una resultante de fuerza inferior a 30 toneladas se deba permitir una ligera rotación de las piezas. La tensión de compresión sobre la pieza metálica de unión deberá limitarse a un 50 % de la tensión admisible en el resto de la madera afectada (figura 242).

También se puede producir una articulación real en la estructuración de la madera laminada cuando, por ejemplo, se origina una articulación en el apoyo, para arcos o pórticos con luces superiores a 40 m o resultantes de fuerzas superiores a treinta toneladas, precisando disponer una rotulación perfecta (figura 243).

Es importante resaltar que con este tipo de sistema metálico se termina el problema de unión entre hormigón y madera, ya que se pueden concebir estos tres materiales funcionando perfectamente y en sus debidas propiedades, pudiendo incluso en conjunto cumplir mejor la función



Figura 241

Materiales ajenos a la madera empleados en carpintería de taller y de armar

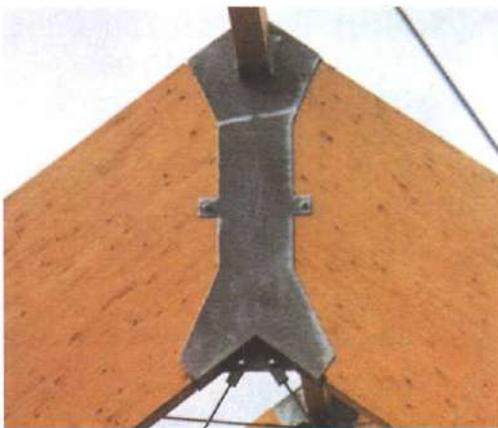


Figura 242

Se distinguen cuatro tipos principales de tornillos para la madera: de cabeza plana, que son los más utilizados; de cabeza redonda, que se emplean sobre todo para fijar herrajes y ensambles desmontables; de cabeza de gota de sebo, que con su cabeza de parte inferior cónica permiten múltiples aplicaciones; tirafondos de doble rosca, que se utilizan cuando no es posible emplear los más corrientes (figura 244).



Figura 243

Cuando la madera está sometida a grandes esfuerzos o cuando los tornillos hayan de desmontarse repetidas veces, se utilizarán los tornillos con tuerca. Para los tableros de aglomerado y de fibras se

Figura 244

de soporte que cualquier otro material por sí solo.

TORNILLOS PARA LA MADERA

Llamados también tornillos autorroscantes o tirafondos, son clavos con cabeza de forma variada, provistos de una rosca en hélice, y entre ambas partes una sección cilíndrica. En la cabeza tienen una ranura en la que se introduce el destornillador para enroscarlos. Hay tornillos de hierro, de latón o con baño de latón, de acero, de cobre, galvanizados, niquelados, cromados, pavonados y cadmiados, entre otros.

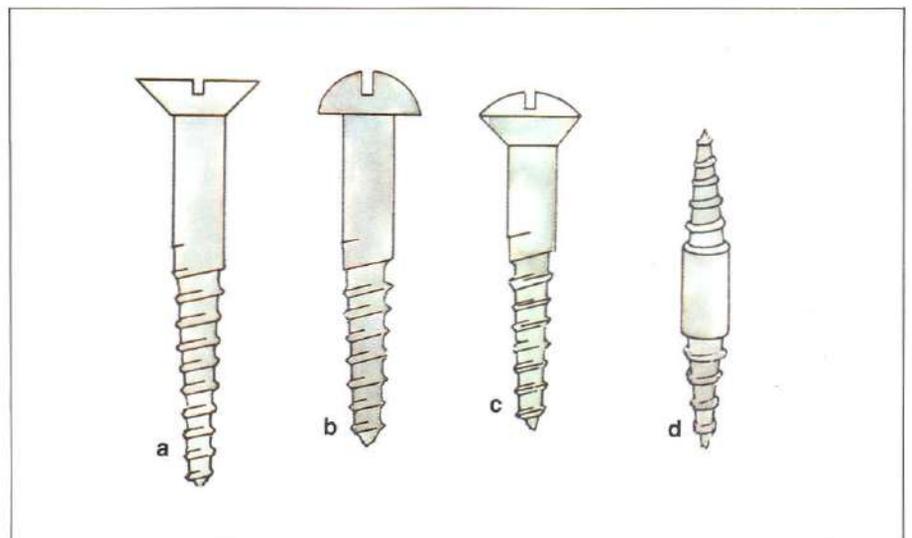




Figura 245

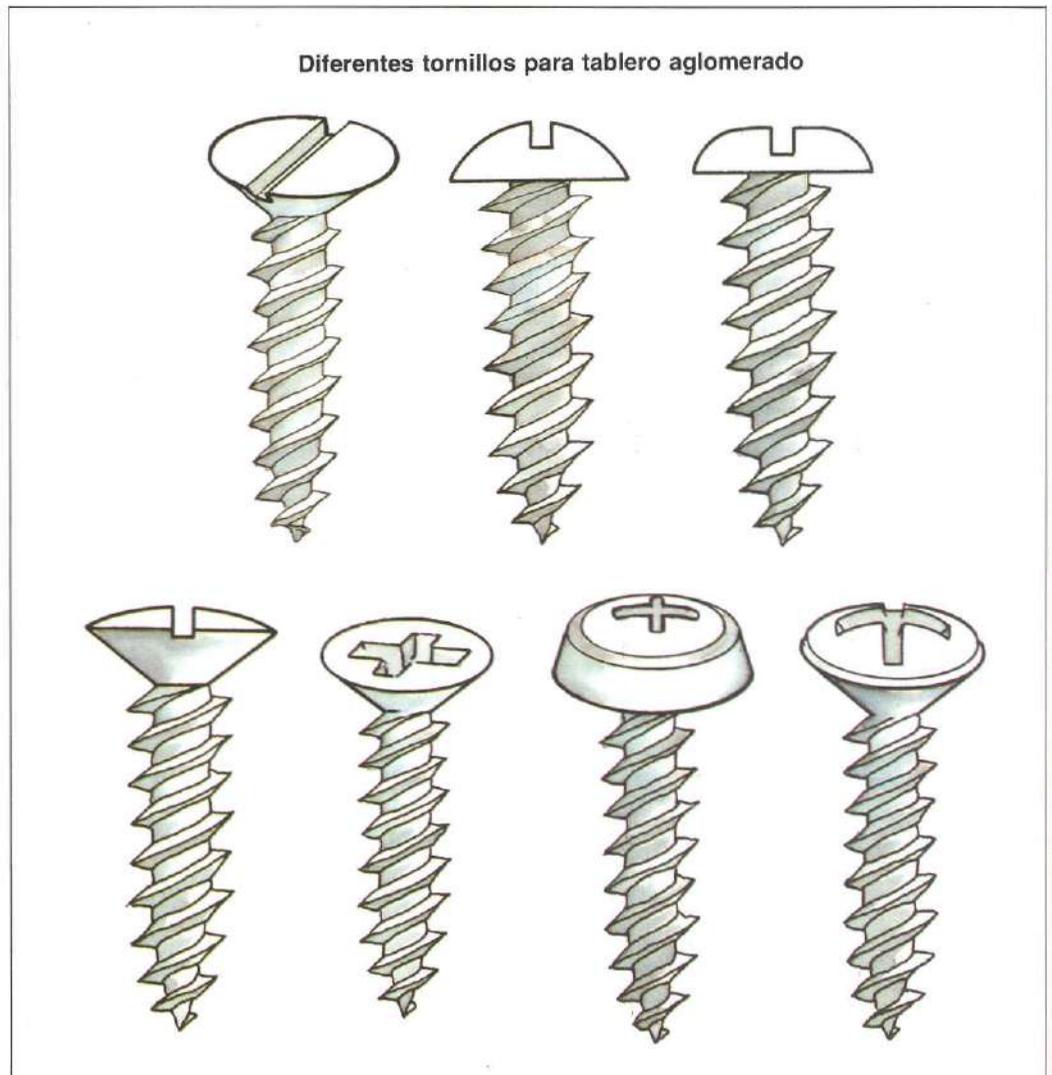
emplearán tornillos muy similares a los que aparecen en la *figura 244*, diferenciándose de estos por tener la rosca en hélice desde la punta hasta la cabeza.

Medios de unión de la carpintería con tablero aglomerado

En los muebles realizados con tablero aglomerado se utilizan piezas metálicas especialmente adaptadas a este material, y su diversificación y rápido desarrollo ha dado como resultado que actualmente en el mercado se pueda encontrar una gama enorme de piezas capaces de articular complicados movimientos o deslizamientos, como en el caso de cajones, con un roce mínimo.

La revolución formal que ha significado el desarrollo del postformado, en el diseño de muebles de cocina y de baño en particular, exige una herrajería capaz de unir y articular piezas curvas o superficies onduladas, o en el caso de existir poco

Figura 246



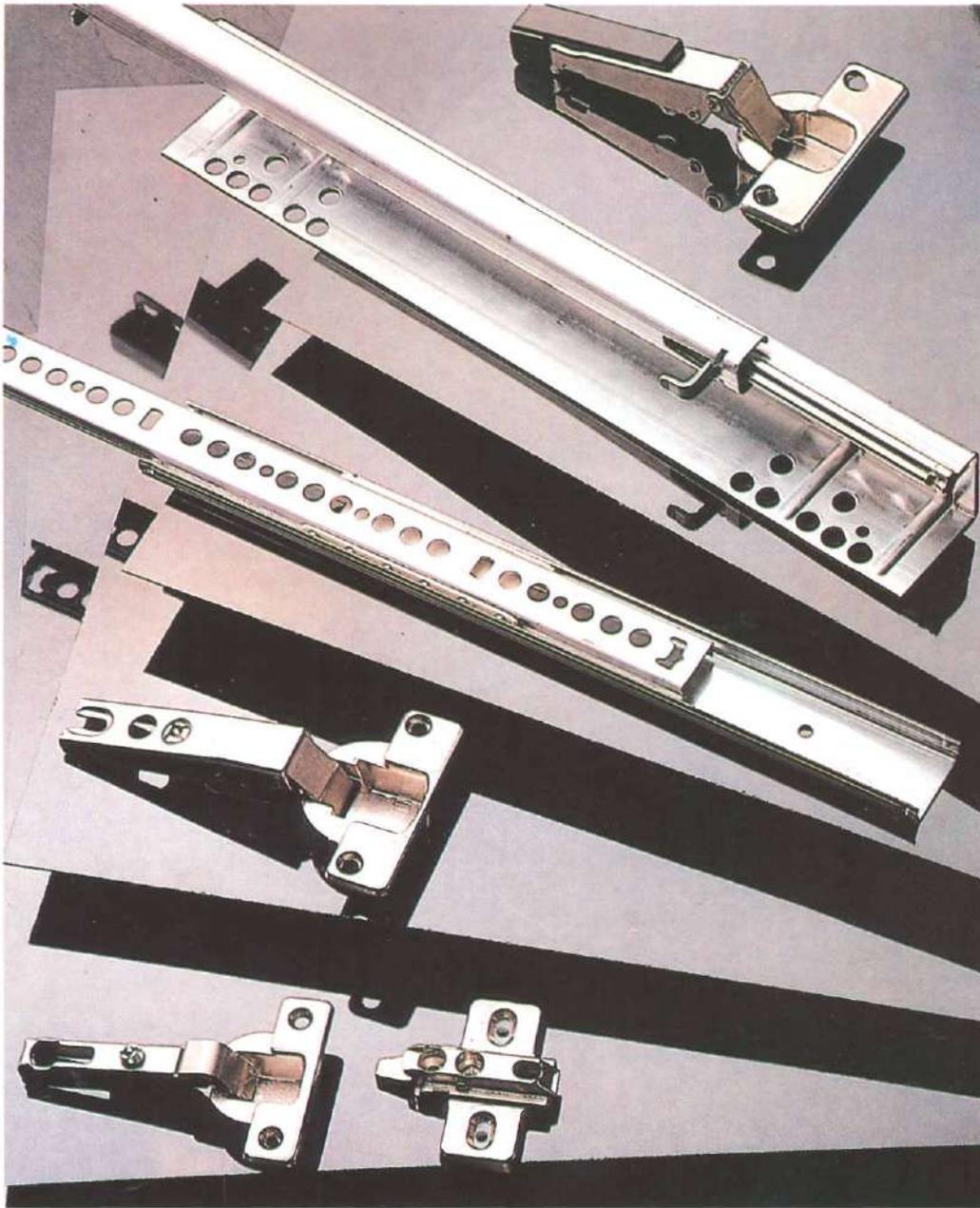


Figura 247

espacio, sistemas telescópicos que permitan tener superficies útiles desplegadas (figura 245).

COLOCACIÓN DE HERRAJES EN EL TABLERO AGLOMERADO

En los muebles a base de aglomerado nos podemos encontrar con problemas en el momento de tener que colocar los herrajes, ya que la estructura interna de este material no permite una buena sujeción de los tornillos normales para la madera. En estos casos ya por norma hay que usar los denominados tornillos rosca de aglomerado, que tienen rosca hasta cerca de la cabeza y un peso mayor para asegurar la sujeción (figura 246).

No obstante, algunas veces no será suficiente y habrá que colocar regueros para que los tornillos de la bisagra se fijen sobre madera maciza, sobre todo cuando han de soportar pesos y trabajos considerables. Conforme ha ido aumentando el uso del aglomerado, esta operación ya no suele hacerse, pues cada vez en las ferreterías encontramos más tipos de bisagras especiales apropiadas a estos tipos de necesidades (figura 247).

Entre los tableros, cuanto más homogénea y firme sea la fibra, mejor será la sujeción de tornillos y herrajes en el material. Es así como un tablero de fibra de densidad media tendrá siempre un mejor comportamiento frente a su perforación y retención de piezas metálicas de unión que un tablero conglomerado de baja densidad.



OCEANO/CENTRUM