



# **CONSTRUCCIONES DE MADERA**

**Fernando Sánchez Rodríguez  
Hugo Y. Ramírez Ibarcollin**

*Edición y corrección:* Lic. Alejandro Cabal Soler  
*Diseño de cubierta e interior:* Frank Herrera García  
*Diagramación:* Yohanka Morejón Rivero

- © Fernando Sánchez Rodríguez y Hugo Y. Ramírez Ibargollín, 2009
- © Sobre la presente edición:  
Editorial Félix Varela, 2009

Editorial Félix Varela

ISBN 978-959-07-1127-5

Editorial FÉLIX VARELA  
Calle A No. 703, esq. a 29,  
Vedado, La Habana, Cuba.

## ÍNDICE

### TEMA 1. SÍNTESIS DEL USO Y DESARROLLO DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN / 1

1.1. La madera como material para la construcción en Cuba / 4  
Bibliografía / 6

### TEMA 2. GENERALIDADES SOBRE EL ÁRBOL Y LA MADERA / 7

2.1. Componentes del árbol / 7  
2.2. Composición química / 7  
2.3. Anatomía de crecimiento / 8  
2.4. Estructura del tronco / 8  
2.5. Clases de madera / 10  
2.6. Corte y transporte / 14  
2.7. Secado de la madera / 16  
2.8. Trabajos a realizar con madera / 18  
2.9. Consumo de energía / 18  
Bibliografía / 19

### TEMA 3. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA / 21

3.1. Anisotropía / 21  
3.2. Contenido de humedad / 21  
3.3. Higroscopicidad / 22  
3.4. Hinchazón y merma / 22  
3.5. Capilaridad / 23  
3.6. Densidad / 24  
3.7. Dureza / 24  
3.8. Propiedades térmicas / 24  
Bibliografía / 24

### TEMA 4. MADERA ASERRADA / 27

4.1. Definiciones / 27  
4.2. Métodos de troceado / 28  
4.3. Aplicaciones / 29  
4.4. Defectos de la madera / 30  
4.5. Cálculo de la madera / 34  
Ejercicios resueltos / 35  
Bibliografía / 36

### TEMA 5. MADERA ARTIFICIAL / 37

5.1. Fabricación de la chapa / 37  
5.2. Tablero contrachapado / 38

## CONSTRUCCIONES DE MADERA

5.3. Tablero aglomerado / 39

5.4. Tablero de fibras / 40

Bibliografía / 41

### TEMA 6. MADERA LAMINADA ENCOLADA / 43

6.1. Características generales / 43

6.2. Diseño y fabricación / 43

6.3. Aplicaciones / 46

6.4. Ventajas y desventajas / 49

Bibliografía / 49

### TEMA 7. BAMBÚ / 51

7.1. Características generales / 51

7.2. Selección y corte / 51

7.3. Curado y secado / 52

7.4. Recomendaciones para su empleo en la construcción / 54

7.5. Ventajas y desventajas / 55

Bibliografía / 56

### TEMA 8. UNIONES / 57

8.1. La unión según los esfuerzos y la forma de trabajo del elemento / 57

8.2. Uniones antiguas / 58

8.3. Uniones modernas / 63

Bibliografía / 69

### TEMA 9. PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS / 71

9.1. Entramados verticales / 71

9.2. Entramados horizontales / 74

9.3. Entramados inclinados / 81

9.4. Procedimiento constructivo / 93

Bibliografía / 94

### TEMA 10. COBIJAS DE GUANO / 95

10.1. La palma / 95

10.2. Características de las cubiertas de guano / 96

10.3. Preparación de los materiales / 97

10.4. Procedimiento constructivo / 98

Bibliografía / 107

### TEMA 11. AGENTES DESTRUCTORES, TRATAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA MADERA / 109

11.1. Agentes destructores / 109

11.2. Tratamientos / 113

11.3. Conservación / 115

Bibliografía / 117

### GLOSARIO DE TÉRMINOS / 119

Bibliografía / 123

### BIBLIOGRAFÍA GENERAL / 125

## PRÓLOGO

La madera es uno de los primeros materiales utilizados por el hombre en sus construcciones, quizás junto con la piedra sean los dos más antiguos. La abundancia, que fue una de sus tantas ventajas, pues lamentablemente hoy no lo es, permitió que se utilizara por casi todas las culturas y en la mayoría de las obras, ya fueran de ingeniería, arquitectura u otras.

El árbol, que es la fuente principal de madera, es una de las estructuras más bellas y eficientes de la naturaleza. Asombra por su capacidad de soportar enormes esfuerzos, grandes esbelteces, y hasta los más inimaginables maltratos. Son los pulmones del planeta, pues en la fabricación de sus alimentos consumen  $\text{CO}_2$  y liberan oxígeno al ambiente. Contribuyen a preservar y fertilizar los suelos, generar la lluvia y dar cobijo a otras especies animales, dentro de muchas otras cualidades positivas.

Es de suponer que de tan fabulosa fuente el producto que se obtenga tenga también excelentes cualidades. Si se compara con los otros dos materiales más importantes de la construcción: el hormigón y el acero, para un elemento de iguales dimensiones, el de madera tiene menos de la mitad del peso y mejores respuestas ante los esfuerzos actuantes. Aun cuando la madera es combustible, las estructuras con este material tienen mejor comportamiento al fuego que las de acero u hormigón.

El uso de la madera supone un ahorro energético, pues se genera con luz solar. Para producir una tonelada se emplea siete veces menos energía que la necesaria para fabricar igual cantidad de acero y cuarenta respecto al aluminio. La madera es un material apropiable en casi todos los contextos y quizás de los pocos que cumplen con los principios de la sustentabilidad.

Tiene numerosos enemigos como la humedad y los microorganismos, pero con medidas preventivas desde la etapa de diseño y construcción, y un adecuado mantenimiento y conservación durante la explotación, se puede disminuir su vulnerabilidad y alargar la vida útil de los elementos construidos con este material.

Los temas que se han incluido en este texto tienen el objetivo de demostrar lo anteriormente dicho, así como preparar a los estudiantes de arquitectura e ingeniería civil en los procedimientos constructivos para las edificaciones que utilicen este material.

Aun cuando en la actualidad, la mayoría de las obras que se construyen empleando el hormigón, el acero o las obras de fábrica, el conocimiento de la tecnología de la madera se hace imprescindible para la conservación y rehabilitación del valioso patrimonio de madera con que cuenta el país.

CONSTRUCCIONES DE MADERA es una modesta obra en la que se ha utilizado la mayor cantidad de gráficos y fotos, pues estos transmiten tanta o más información que las palabras. El estudiante

podrá encontrar en el texto mucha información que se necesita para diseñar, construir y conservar estas estructuras, pero no será suficiente; es necesario consultar otras fuentes, algunas de las cuales se recomiendan en la bibliografía.

Los autores expresan su más sincero agradecimiento a muchos especialistas, técnicos y hasta sencillos trabajadores, que han aportado información y conocimientos para la realización del texto.

LOS AUTORES  
marzo de 2009

## TEMA 1. SÍNTESIS DEL USO Y DESARROLLO DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN

Desde el inicio el hombre primitivo sintió necesidad de refugio, por eso podríamos afirmar que la actividad de construir es tan antigua y vigente como el ser humano. Usó viviendas naturales (cuevas y cavernas), aunque con la necesidad de moverse de un lugar a otro, en busca de mejores condiciones, se vio obligado a construir sus propios espacios. Desde el momento que se conformaban con materiales extraídos del medio, y puestos en uso, de la misma forma que los encontraba, la madera comienza a jugar un papel protagónico. Aprovecharon al máximo el terreno, de manera que la construcción se resumía en colocar un techo sobre hoyos o depresiones. En las construcciones primitivas de madera, las paredes no se diferencian de la cubierta, los entramados consistían en troncos de árboles inclinados y atados juntos por arriba y sostenidos a cada extremo con límites físicos como rocas. Sus técnicas fueron evolucionando hasta llegar a construir chozas, carpas y palafitos. Un ejemplo lo constituyen las yurtas, típicas en países euroasiáticos; estas se desarmaban para transportarse hacia otro sitio, donde se abrían nuevamente.

No solo su hogar construyó el hombre, fue necesario además hacer sus instrumentos de trabajo, útiles para la caza, pesca, recolección y, posteriormente, la agricultura; aquí también la madera fue un pilar clave. La religión y el arte fueron enriquecidos a la vez con este material, realizaban instrumentos musicales, tallas y esculturas (aún indígenas del noroeste americano mantienen su ancestral tradición del

tallado de la madera en forma de tótem o árbol genealógico, escultura monumental que narra la vida familiar).

La madera "es el único material vivo que se emplea, en grande, en la construcción, y, como todo lo que proporciona vida, es algo más adaptable, menos rígido y esquemático que otros".<sup>1</sup> Por estas razones, ha acompañado al proceso constructivo humano desde siempre. En el Génesis se habla de la construcción del Arca de Noé con madera de ciprés, para salvar a todas las especies del diluvio.

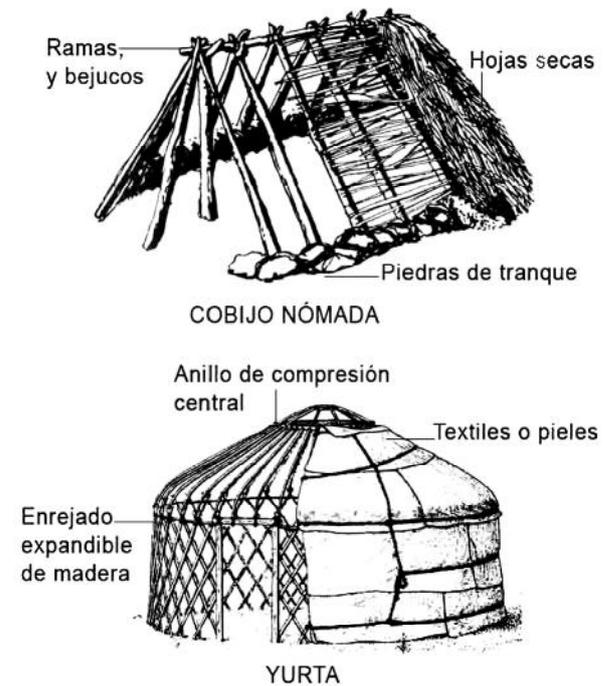


Fig. 1.1. Construcciones primitivas.

Ya 400 años antes de nuestra era, en China se comienza a hacer uso del material con el propósito de compactar y consolidar sus suelos, se realizaba mediante el hundimiento de pequeños pilotes de madera o entrecruzando varales de rama y arcilla. En lo adelante la madera es preferida para la realización de sus construcciones: estructuras sostenidas por pilares soportando la techumbre de tejas, constituida por tirantes arriostrados a través de correas y pilares intermedios. Mediante complicadas ménsulas los aleros se extienden en voladizo y pasan la línea de columnas.

Japón es otro país oriental que utilizó siempre la madera como material de construcción, esto

<sup>1</sup>E. Torroja: *Razón y ser de los tipos estructurales*, Asociación de Estudiantes de Tecnología, Publicaciones 1962, p. 49.

acentuó el carácter de su arquitectura, que entra en un diálogo poético con la naturaleza, relacionándose con la tierra, el agua, las piedras o los árboles. Un notable ejemplo lo constituye el palacio Katsura ubicado en Kyoto que data del siglo XVII. El palacio, de una sola planta, se divide en cuatro alas unidas por las esquinas, elevadas sobre pilares y construidas en madera con paredes encaladas y paneles deslizantes que se abren al jardín circundante, sus elementos carecen de decoración, se concede gran importancia a la textura de los materiales.

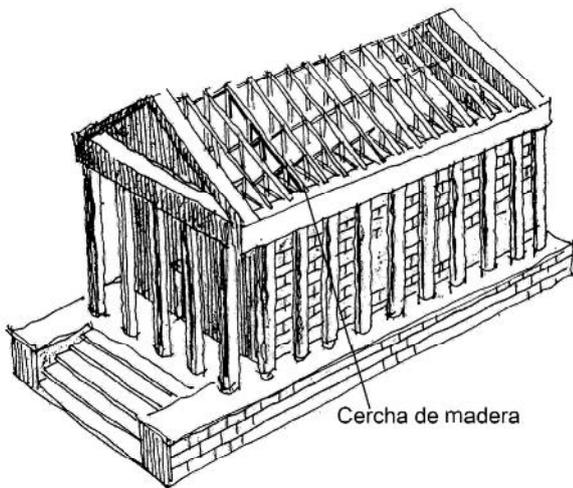


Fig. 1.2. Templo romano con entramado de madera.

También en Occidente la arquitectura se hizo en varios casos con madera. Los egipcios, que se destacaron por el perfecto uso de la piedra, utilizaron la madera en forma de cuñas y palancas, para el montaje y construcción de sus pirámides. Al pie de estas existió la llamada Nave Solar, desde ahí se suponía el viaje del Faraón hacia la inmortalidad; en este caso también se escogió como material ideal la madera. Las viviendas egipcias se desarrollaron fundamentalmente con madera y ladrillo.

En la construcción de los templos griegos se trabajó con madera la cubierta, formando entramados a dos aguas o dos vertientes, con poca pendiente y revestidas posteriormente con tejas o losas de mármol.

El Imperio romano al conquistar Grecia adopta sus avances y tendencias en materia de construcción y los perfecciona, aparecen así formas de cubierta como cerchas, que van desde los

edificios públicos hasta la misma *domus* romana. Además desarrollan entramados de madera para entrepisos (ejemplo notable es el Coliseo Romano). Se usó el material también en la realización de ataguías, por el arquitecto e ingeniero Vitrubio.

En las antiguas civilizaciones de nuestro continente los aztecas llevaron a un nivel bien alto sus habilidades para construir. La ciudad de Tenochtitlán constituyó un reto de ingeniería, recuerden que hablamos de principios del siglo XIV. La ciudad se desarrolló encima del lago Texcoco, lugar que hoy ocupa la ciudad capital mexicana D.F. (Distrito Federal), una de las de más densidad de población en el mundo. Realizaron caminos artificiales usando madera rolliza, ubicando troncos, uno junto a otro, y luego relleno hasta llegar a grandes calzadas que les servían de acceso a la ciudad y de circulación (estos muros de contención a base de madera recuerdan las citadas ataguías romanas).

Las pirámides y templos tenían en su basamento grandes pilotes de madera hincados, su terreno no era firme ya que era el resultado del relleno de un lago. En la agricultura emplearon una especie de diques llamados chinampas, confeccionados por grandes balsas de madera amarradas con ramas, a las que se les colocaba encima piedras y tierra para los cultivos; eran suelos muy fértiles ya que se renovaban para cada cosecha con nuevas capas y la humedad era abundante.

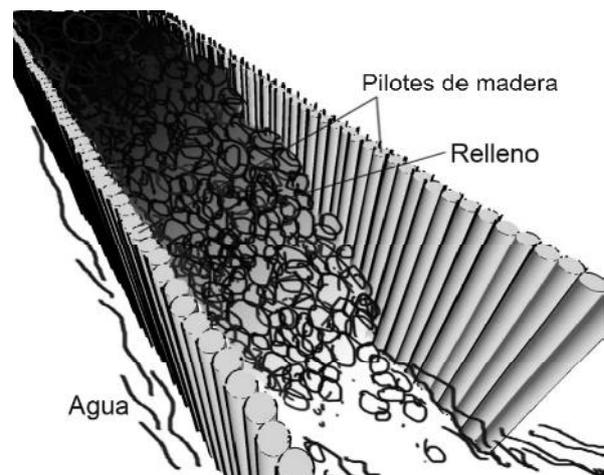


Fig. 1.3. Avenidas aztecas con pilotes de madera.

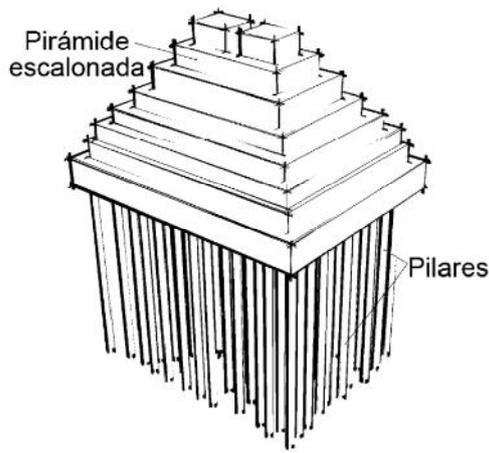


Fig. 1.4. Construcciones aztecas con pilotes de madera en los basamentos.

En la Edad Media se utilizan formas simples de cubiertas como par hilera, de lacería, ajabalconadas góticas, de tornapuntas, de par y tirantes. Buscaban el cielo de una forma más atrevida en el centro que en el sur de Europa debido a los condicionantes climáticos. En Venecia se anclaban pilotes de madera, que luego eran rellenados con pilas de piedras bloques constituyendo en su conjunto la cimentación o basamento de los palacios.

El pleno florecimiento de la labra tiene lugar en el Renacimiento, período en el que se llega a los más revolucionados tipos de ensamblés. Se utilizan repetidas veces formas compuestas de cubiertas, tales como las de par y pendolón, o de tirante peraltado tipo español, inglés y belga. Aparece el sistema constructivo llamado europeo, a base de entramados de barras muy robustas y no moduladas.

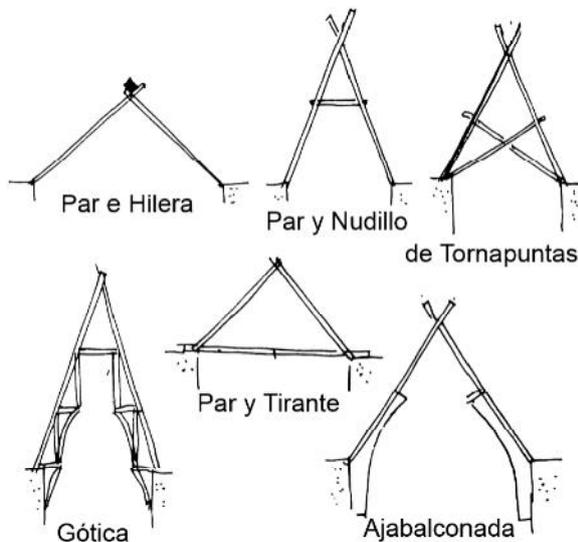


Fig. 1.5. Formas simples de cubierta.

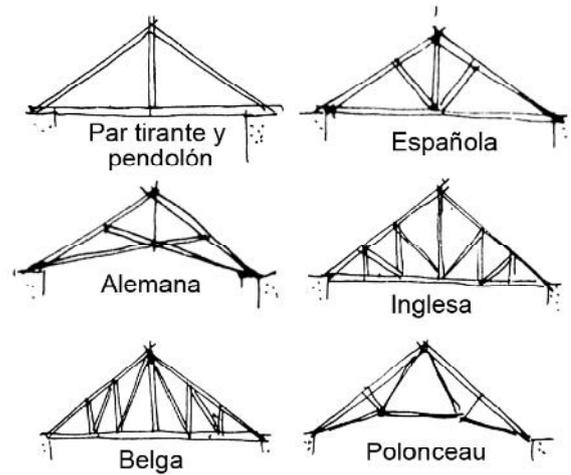


Fig. 1.6. Formas compuestas de cubierta.

Hombres de ciencia como Leonardo Da Vinci y Galileo Galilei contribuyeron con sus investigaciones; el primero establece los principios de la mecánica estática, el segundo, estudia la mecánica y resistencia de los materiales, la fuerza resultante y el momento flector. Comienza el uso de la sección rectangular en vigas.

Ya en el siglo XVII, aparece el primer arco de madera a base de pequeñas cimbras o galápagos adosados contrapesados y fijados con pasadores. Constituye el primer antecedente de madera laminada encolada.

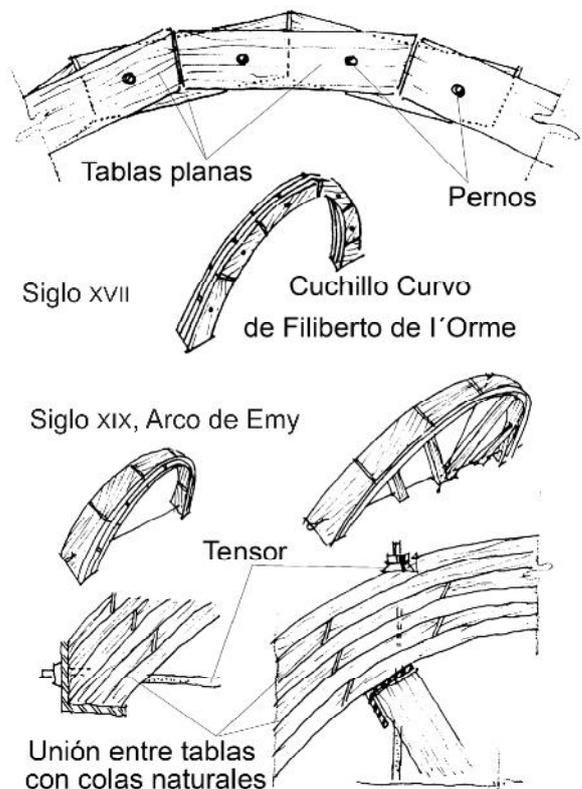


Fig. 1.7. Antecedentes de la madera laminada encolada.

En la segunda mitad del siglo XVIII, con la obtención de los perfiles *T* de hierro, se realizan las primeras cerchas mixtas, madera-hierro, este nuevo material no solo colabora con la madera, sino que se presenta ya como su gran adversario.

En el siguiente siglo se propone la primera solución de madera laminada encolada con la construcción del arco de Emy, a base de tablas curvas unidas por colas naturales y pasadores. Fue poco efectiva por la inestabilidad de adhesivos en presencia del agua. Surge además el llamado sistema americano, entramado ligero con pequeñas secciones de madera aserrada. Ya para el 1870 se fabrica el primer cemento artificial, componente básico del futuro segundo gran rival de la madera, el hormigón armado.

Con el desarrollo de estos dos materiales, tanto el acero como el hormigón armado, la madera queda prácticamente eliminada en su uso como elemento estructural. Estos materiales artificiales podían ser manipulados y controlados en cuanto a sus características y propiedades durante su elaboración, lo que confería al hombre mayor confianza. Grandes figuras como Paxton, Eiffel, Sullivan, Wright, Gropius, Mies, Nervi y Niemeyer, hacen revolución en el campo arquitectónico, llevando a la máxima expresión el uso de estas nuevas tecnologías. Aun cuando la *moda* era otra, encontramos arquitectos como Alvar Aalto, quien no renunció al uso de la madera, puesto que contemplaba en ella un encanto único que lo impedía. En la Exposición Universal de París en 1937, para el pabellón de Finlandia, nos regala “un poema de madera”.<sup>2</sup>

Podemos decir entonces que la madera fue desplazada como elemento estructural, fundamentalmente en los siglos XIX y XX, por otros materiales obtenidos por el hombre, campo que ha empezado a recuperar actualmente, en uno de los mayores alardes de la tecnología, la madera laminada encolada. Las modernas estructuras tienen un importante futuro en la construcción; ellas permiten la utilización de un material de propiedades mecánicas muy buenas en relación con su peso, de buen aislamiento térmico y acústico, además de sus valores decorativos.

<sup>2</sup> *Forjadores de la arquitectura moderna*, Instituto Cubano del Libro, La Habana, 1970, p. 93.

## 1.1. La madera como material para la construcción en Cuba

Al arribar los españoles en el siglo XVI encontraron un pedazo de tierra cubierto casi totalmente por árboles, muchos de maderas preciosas. Los aborígenes tenían como formas de vivienda el *bohío* (planta rectangular) y el *caney* (planta circular), se agrupaban alrededor de una plaza rectangular primaria donde celebraban su culto, este conjunto se conoce como el *batey*. Los insulares adoptan la tipología constructiva típica, adaptándola luego a sus necesidades, es así que ponen en un volumen aparte la cocina, luego separan las habitaciones de la sala y el comedor, y cierran los vanos con puertas y ventanas de tabla. Horcones de madera dura constituían la estructura principal de las viviendas, a la que se afianzaban varas entrelazadas, en los cierres verticales aparecían fibras vegetales, yaguas de palma real y tablas. Para la cubierta se utilizaban las hojas de la palma (guano) sobre un entablado simple y eran a dos o cuatro vertientes.

El oficio de carpintero tomó relevancia adicional. “Las excelentes maderas de Cuba, muy solicitadas para las construcciones arquitectónicas, los muebles finos, y los buques, constituían una importante fuente de ingresos”.<sup>3</sup>

Para fines del siglo XVI y principios del XVII algunas casas en La Habana de familias influyentes se desarrollaban en dos niveles, el entresuelo se hacía con vigas de madera dura, generalmente de 20 por 20 cm, con un espacio entre ellas de 30 cm, que distribuían las cargas al muro a través de una solera de madera; transversalmente se ponía un entablado, sobre el cual se colocaba un relleno de cascajo apisonado y encima, ladrillos o losas de barro. Los techos eran conocidos con el término de alfarje, del mudéjar. El más utilizado en Cuba, tanto en construcciones civiles como religiosas, fue el *par y nudillo*, en el cual las vigas inclinadas o *pares* se enlazaban a cierta altura con otras horizontales o *nudillos*, formando a modo de una “A”, de manera que la parte visible interior tiene forma trapecial; el plano superior es el *almizate o harneruleo* y los planos rampantes

<sup>3</sup> E. Joaquín Weiss: *La arquitectura colonial cubana, siglos XVI al XIX*, Instituto Cubano del Libro, La Habana-Sevilla, 1996, p. 75.

los *faldones*. Podían ser de dos, cuatro y hasta ocho faldones de acuerdo con el espacio, se formaban prácticamente bóvedas de carpintería. Los pares se apoyan en gruesas vigas nombradas *soleras*, asentadas sobre el estriado o muro y enlazadas de trecho en trecho a través de las crujiás por otras en función de *tirantes pareados o dobles*, al paso que otras vigas diagonales (*cuadrales*) arriostran los ángulos. De este modo, la cubierta actúa como un gran complejo arquitrabado y brinda al espacio interior una belleza incomparable.



Fig. 1.8. Casa de Diego Velázquez en Santiago de Cuba.

Cada vez era mayor el uso de la madera en las puertas, ventanas, rejas, entresijos, balcones y techos; también se ampliaba la utilización de muros de albañilerías y tejas sobre el entablado en la cubierta. Los patios interiores contaban con una galería longitudinal de madera o albañilería, asimismo, en el piso alto las galerías se repiten, en ellas se emplea perfectamente la madera. A falta de galerías laterales en la planta baja en qué apoyar las de la planta alta, se emplean corredores o balcones voladizos, también conocidos como colgadizos, eran sostenidos sobre vigas de madera empujadas a los muros. Galerías y balcones estaban protegidas con una balaustrada de madera en su perímetro y en la parte superior con aleros de madera y teja que son una extensión, con menor pendiente, de la cubierta, o bien están algo más bajo que esta, los cuales descansaban en postes cuadrados y biselados de madera que se fundían con los balaustres.

Ya para el siglo XVIII pareciera que los pequeños balcones de antaño se acercaran unos a

otros para formar una unidad que se extiende a todo lo ancho de la fachada; durante la mayor parte del siglo fueron construidos enteramente con madera aserrada, demostrando el oficio e ingenio de los carpinteros criollos. Para fines de este siglo comienzan a ser sustituidas las vigas de madera por barras cuadradas de hierro, así como la baranda torneada por una simple reja igualmente de hierro.



Fig. 1.9. Cubierta de Par y Nudillo con dos faldones.

En los techos continúa el predominio del *par y nudillo* hasta mitad de siglo, paulatinamente comienzan a aparecer las cubiertas planas. Formadas por vigas de madera sobre las que se disponía una camada de tablones, un grueso enrajonado y losas de barro cocido, dándosele adecuada pendiente hacia los caños o bajantes de pluviales. En las ciudades más importantes de las provincias la solución preferida seguirá siendo la de techos de tejas de barro. En los barrios marginales de las ciudades y en la campiña nuestro bohío con su techo de guano tendrá el predominio absoluto.

La madera se continuó usando en las puertas, ventanas y rejas, aunque en La Habana y, en menor medida, en las ciudades importantes del interior, se produjo un auge de la herrería en los trabajos de hierros forjados y fundidos.

En el siglo XIX se abandonan completamente los techos de alfarjes, aplicándose ahora los descritos anteriormente con la particularidad de sustitución del entablado de madera sobre las vigas, a lo que se llamó sistema *losa-porta-bla*. En el siglo siguiente la madera pierde su lugar de importancia como material estructural de excelencia en la construcción, quedando para la carpintería de terminaciones, esto se debió al auge y desarrollo de otros materiales

como el hormigón armado. Claro que la madera continúa usándose en nuestra arquitectura vernácula, fundamentalmente la obtenida de la palma real, la cual daba madera y cobija para la techumbre. Esta misma idea se desarrolla en la construcción de instalaciones turísticas y recreativas, retomando así nuestras tradiciones y valores culturales más arraigados.

Hoy las estructuras de madera laminada encolada ponen en alto una vez más las ventajas de este material de antaño. Con ellas se ha logrado diseñar elementos que salvan luces en las que no se podrían pensar si fuese con madera aserrada, además de aportar una belleza extraordinaria. Ejemplos en Cuba de la aplicación de estas tecnologías de punta se pueden encontrar fundamentalmente en las obras del turismo, así como otras de marcado interés histórico, político y social.



Fig. 1.10. Cubierta de madera laminada encolada, Lobby del Hotel Jibacoa.

## Bibliografía

- Biblioteca Atrium de la Carpintería*, Tomos 1, 2, 3, 4, 5, Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.
- Curso de patología, conservación y restauración de edificios*, Tomo 2, Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM), Segunda Edición, noviembre de 1993.
- DE LAS CUEVAS TORAYA, J.: *500 años de arquitectura en Cuba*, Ed. Chavín, La Habana, 2001.
- Forjadores de la arquitectura moderna*, Instituto Cubano del Libro, La Habana, 1970.
- SEGRE, ROBERTO y otros: *Historia de la arquitectura y del urbanismo: América Latina y Cuba*, Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1986.
- Tecnología de la madera*, Instituto del Libro, La Habana, 1968
- TORROJA, E.: *Razón y ser de los tipos estructurales*, Asociación de Estudiantes de Tecnología, Publicaciones 1962.
- WEISS, E. JOAQUÍN: *La arquitectura colonial cubana, siglos XVI al XIX*, Instituto Cubano del Libro, La Habana-Sevilla, 1996.

## TEMA 2. GENERALIDADES SOBRE EL ÁRBOL Y LA MADERA

No se puede hablar de la madera sin antes hacer referencia al árbol. Todas las especies de árboles no son empleadas en la construcción, por las características particulares de cada una de ellas. Resulta entonces interesante conocer, al menos a grandes rasgos, eso que los hace diferentes a otros seres vivos, además, aquellos aspectos que también marcan la diferencia entre ellos.

### 2.1. Componentes del árbol

“Árbol. (lat. *arborem*). m. Planta leñosa vivaz, que puede alcanzar considerable altura, cuyo tallo o tronco, fijado al suelo por raíces, está desprovisto de ramificaciones hasta determinada altura, a partir de la cual se ramifica y forma la copa”.<sup>1</sup>

Después de leer el concepto anterior, podemos resumir que el árbol se compone fundamentalmente por raíces, tronco y copa (fig. 2.1).

Las raíces reparten al terreno el peso del propio árbol. Transmiten al suelo las flexiones debidas a los empujes del viento. Absorben el agua y las sales disueltas, la sabia bruta o ascendente.

El tronco soporta la corona y los esfuerzos del viento, conduce el agua y sales desde la raíz hasta las hojas, la sabia ascendente.

En la corona o copa se desarrolla el follaje de los árboles, sus hojas realizan la fotosíntesis con la ayuda de la luz solar. Se descompone el

dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en oxígeno y carbono, liberando el primero y el segundo se combina con agua y sales obteniéndose la sabia descendente. Aparecen en la copa las flores y frutas del árbol, posibilita la reproducción, además de mostrar el colorido y forma del árbol según la época del año, elemento muy usado por el arquitecto paisajista.

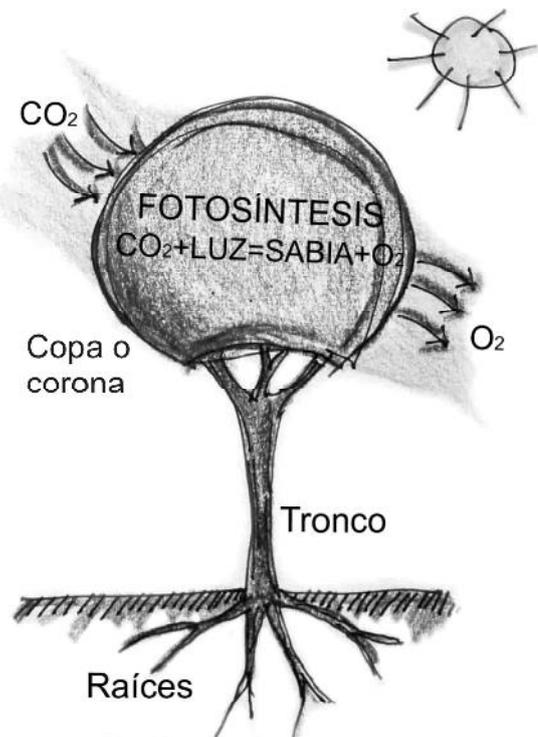


Fig. 2.1. Partes componentes del árbol.

### 2.2. Composición química

La proporción aproximada de las diversas materias que componen la madera es la siguiente: celulosa, entre 40 y 50 %; lignina, de 25 a 30 %; otros componentes como resinas, hemicelulosas, grasas, almidones, ceras y colorantes ocupan de 20 a 25 %.

A su vez, estos elementos orgánicos presentan una composición química muy similar en la mayoría de las maderas. Encontramos de esta forma elementos químicos fundamentales que abarcan poco más de 90 %. Entre ellos están el carbono 50 %, oxígeno 42 %, hidrógeno 6 %, nitrógeno y ceniza con 1 % cada uno.

También otros elementos secundarios aparecen en razón de 10 %, presenta cuerpos simples como el azufre y el fósforo, además de compuestos minerales como la potasa, sodio, litio, alúmina y cal.

<sup>1</sup> *El pequeño Larousse ilustrado*, Diccionario enciclopédico, Ediciones Larousse, 1996.

Se puede ver que la celulosa y la lignina constituyen componentes claves en la formación de la madera. Sin estos sería imposible alcanzar grandes alturas, ni soportar los esfuerzos del viento o el peso de la nieve.

### 2.3. Anatomía de crecimiento

Un árbol, como todo organismo vivo, se compone de células, fibras y vasos. El elemento fundamental anatómico de las plantas es la célula. Cada una de ellas, según el tejido que constituya, tiene funciones específicas. La unión de las células forma el tejido, que, a su vez, el conjunto de los tejidos determina la masa leñosa. La lignina se presenta en la madera en forma amorfa, incrustada en la red cristalina de la celulosa, y entre las dos forman el esqueleto resistente de las células de la madera. Las células se aglomeran, se adhieren unas a otras por medio de hidratos de carbono, como son las hemicelulosas (fig. 2.2).

Todas las plantas no presentan sus tejidos en idénticas condiciones, según las especies este elemento varía. Aun cuando analizamos la misma especie, los tejidos en cada árbol no son iguales del todo, lo mismo pasa con nuestras huellas dactilares, es así que aparece entonces la llamada veta de la madera en cada caso particular.

Los principales tejidos de un árbol se clasifican en:

- a) Tejido tegumental o de defensa.
- b) Tejido mecánico o de resistencia (Crecimiento y desarrollo).
- c) Tejido vascular conductor.

En el reino animal la sangre corre por las arterias, las venas y los vasos linfáticos. Del mismo modo, la savia de las plantas recorre a través de su tejido vascular conductor todo el organismo, para completar así el proceso de alimentación y crecimiento de cada árbol. Las raíces absorben del terreno estos nutrientes denominados en primer momento savia bruta o ascendente. La savia bruta se conduce hacia las hojas mediante los vasos leñosos, donde se transforma por fotosíntesis en savia muerta, elaborada o descendente, que baja por los vasos liberianos y se reparte por toda la planta, formando nuevos tejidos de crecimiento y materiales de reserva.

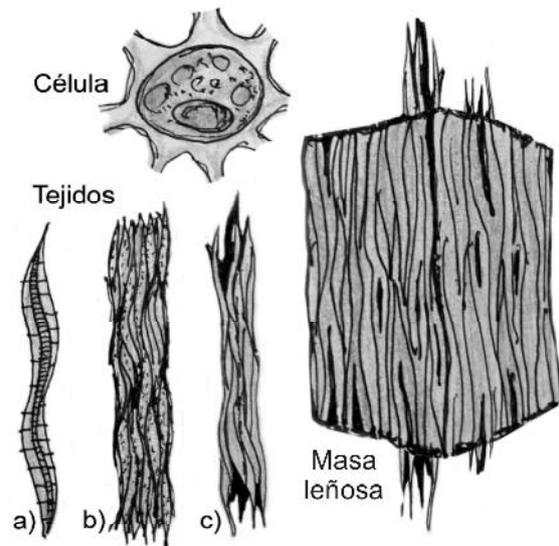


Fig. 2.2. Célula. Tejidos a) Tegumental b) Mecánico c) Vascular. Masa leñosa.

Este proceso de formación de células y tejidos leñosos se lleva a cabo en cada ciclo de un año. El ciclo se cierra con la aparición de anillos concéntricos, los cuales son más o menos visibles según la especie y sus condiciones de crecimiento, influye en gran medida el medio derredor. Más adelante se explicará detenidamente el proceso de formación de los anillos anuales de crecimiento y su importancia.

### 2.4. Estructura del tronco

Ya se había visto que el tronco del árbol es uno de sus componentes más importantes debido a las funciones que realiza. Para la construcción es el elemento que se utiliza fundamentalmente, por esta razón nos detendremos a estudiar su estructura, la cual se compone de adentro hacia fuera de: médula o meollo, duramen, albura, cambium, corteza interior o líber, corteza exterior y los radios medulares. Del cambium al meollo la estructura se desarrolla mediante los anillos anuales de crecimiento (fig. 2.3).

La médula o meollo es el núcleo central del árbol, constituido por tejido parenquimático poroso y blando. Es el primer anillo de crecimiento, puede tener sección circular, poligonal o estrellada. En algunas especies este es pequeño y de malas cualidades, por lo regular se desecha.

El duramen, se le conoce popularmente como corazón, queda formado por una serie de anillos más oscuros al estar inactivos y

endurecidos. Cuando la albura pierde el agua y las sustancias alimenticias almacenadas, se infiltra de sustancias orgánicas como aceites, resinas, gomas, taninos, sustancias aromáticas y colorantes. Al ser el receptor de las sustancias de desecho del árbol, posee materias tóxicas para la mayoría de hongos e insectos que pudieran atacarlo. Estos anillos endurecidos tienen como función principal proporcionar resistencia para el soporte del árbol.

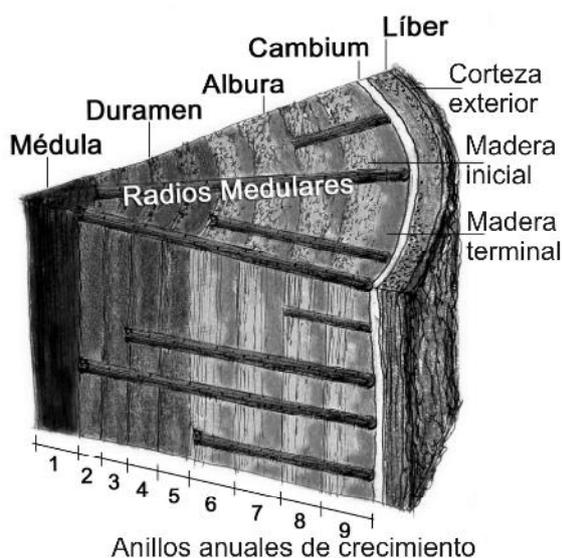


Fig. 2.3. Estructura del tronco.

La madera nueva se conoce como albura. Es de color claro y menos dura al estar en formación. Entre sus anillos concéntricos, constituidos por células y tejidos activos, asciende el agua y las sales hacia las ramas y hojas, también almacena sustancias nutritivas. Su espesor es variable según la especie.

El cambium es una capa especializada que produce la madera nueva. En el período de crecimiento activo sus células se dividen formando nuevas células leñosas hacia el xilema o madera (anillo de crecimiento anual) y células flemáticas hacia el líber o corteza interior. Algunos autores lo refieren como una *fábrica de madera*.

La corteza interior o líber se conforma de tejido floemático vivo que envuelve la albura, mediante él se transporta la sabia descendente.

La corteza exterior está constituida por un tejido llamado floema, que al morir la origina, esta capa actúa como elemento protector del tronco y varía su grosor con relación a la especie.

Las células radiales o radios medulares llevan la sabia de la corteza al meollo, según la edad

del árbol son menos o más visibles, también influye la especie. A la existencia de los radios medulares debemos las grietas y fendas radiales que aparecen en las maderas mal secadas.

El xilema es la parte maderable o leñosa del tronco, de ahí que también sea nombrada simplemente como madera, se forma a través del cambium hacia el interior puede distinguirse en ella la albura, el duramen y la médula. El floema, que es el crecimiento del cambium hacia el exterior, se desecha, solo se utiliza el tejido interior o xilema en la obtención de la madera.

Ya conocemos que el xilema se forma en el tiempo, con la aparición anual de los anillos concéntricos que cierran el ciclo vegetativo, por tanto, su suma son los años de vida de la planta (la figura 2.3 representa un árbol con nueve años de edad). El resultado se emite de manera aproximada, ya que no siempre es fácil distinguir los distintos anillos, en algunas especies se presentan menos visibles. La formación de los falsos anillos también nos tiende a confundir en el dictamen de la edad, puede esto ocurrir en etapas de sequías prolongadas, además, dada la forma cónica del tronco, los anillos anuales van estrechándose hasta su desaparición conforme van subiendo. Entonces, si queremos saber la edad de las plantas con cierta exactitud, se hará el conteo de los anillos en una sección muy próxima a las raíces.

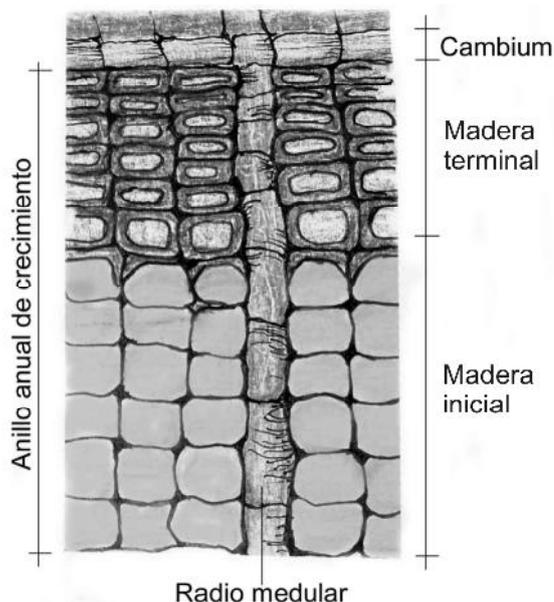


Fig. 2.4. Estructura de los anillos de crecimiento.

Los anillos concéntricos de formación anual se componen de dos capas: una interior constituida de tejido vascular, con tubos más amplios y paredes delgadas que se forman en la época de lluvias, posibilita el aforo oportuno de sabia bruta, podríamos llamarle madera inicial en el proceso de crecimiento anual. La madera inicial se distingue por su coloración clara, menos compacta y blanda, aun cuando la especie sea de madera dura. Aparece también una capa más próxima al exterior, que se forma en la etapa de sequía, con tubos de menor sección y paredes más gruesas que la inicial, a fin de proporcionar más resistencia al tronco, en este caso le llamaremos madera terminal. Esta madera queda constituida principalmente de fibras, es más rígida y forma el tejido de sostén, su coloración es acentuada. La madera en crecimiento es menos densa en las especies blandas que en las duras (fig. 2.4).

La regularidad y derecha de las fibras de una tabla depende del desarrollo anual de los anillos de la planta, casi nunca los anillos se comportan igual en su perímetro, en árboles que están sometidos a fuertes vientos, por ejemplo, los que aparecen en los límites del bosque, su sección suele ser ovalada. Los anillos de crecimiento nos narran la historia del árbol, a través de su ordenamiento, frecuencia, tonalidad y amplitud. Cuando el árbol se desarrolla en un suelo infértil, poco húmedo, sus anillos serán más delgados, diferentes de haber crecido en condiciones de abundantes nutrientes; si su crecimiento se produce en parques o plazas, donde hay espacio suficiente para desarrollar la copa y las raíces, sus anillos serían más anchos que si creciera en el monte donde compete para sobrevivir con otros árboles. Es de notar que a veces la parte del árbol expuesta al norte origina anillos más delgados. La falta de ramas importantes, por exceso en la poda u otras causas, podrían generar el mismo efecto.

## Poda

Se puede influir en la formación del tronco de una planta, con el objetivo de obtener una madera de alta calidad mediante su poda. El tronco continuaría su desarrollo transversal y longitudinal si se retiran alguno de sus retoños. Estos últimos necesitan para su crecimiento de energía que puede ser usada en el fortalecimiento de las partes viejas o consolidadas. Lo más conveniente es podar cuando

la rama es un retoño, también se eliminan las ramas muertas.

El corte, mediante serruchos o sierritas especiales, se hace liso y lo más cercano posible al tronco sin dañarlo (la figura 2.5 muestra una poda mal ejecutada). La época mejor para realizar la actividad es en la seca, en este momento se encuentra el árbol en reposo vegetativo.

Es conveniente no podar más que 1/3 de la copa, un corte equivocado pudiera afectar al árbol a mediano o largo plazo, la poda intensa perjudicaría el desarrollo del organismo, recordemos que el proceso de fotosíntesis se lleva a término en las hojas que aparecen en las ramas.



Fig. 2.5. Poda mal ejecutada.

## 2.5. Clases de madera

Existen en la tierra gran variedad de especies, que se desarrollan y crecen en las distintas latitudes. Referente a los árboles maderables, según su anatomía, aparecen dos clasificaciones principales: las coníferas o resinosas, pertenecientes a las gimnospermas; y las frondosas, que pertenecen a las angiospermas.

### Coníferas

Las coníferas clasifican entre las especies más antiguas, aparecen desde la era primaria, principalmente en zonas frías y templadas. Conservan el verde todo el año, poseen hojas perennes. Su madera se caracteriza por tener una estructura homogénea, conformada a base

de traqueidas, es además ligera y blanda. La madera terminal ocupa mayor área que la inicial en el anillo de crecimiento anual, su tonalidad más oscura realiza un bello contraste en la fibra leñosa. Es común escuchar el término *aguas de la madera* refiriéndose a los dibujos ondulantes que aparecen en la cara tangencial de un tablón, cara mejor estéticamente. En sus caras de testa y radial aparecen vetas paralelas con grosores similares (fig. 2.6).

Esta madera es muy utilizada en la construcción por su forma de trabajo y resistencia mecánica.

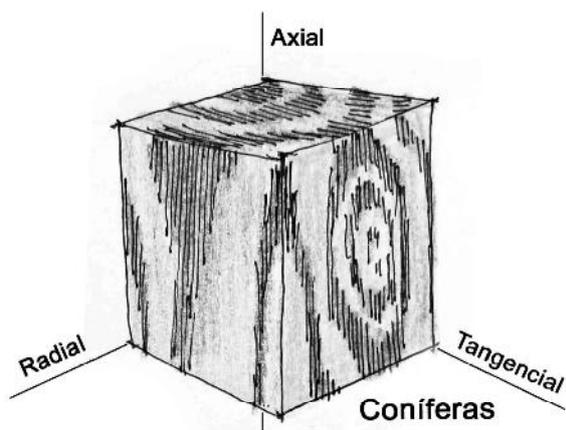


Fig. 2.6. Dibujo de las fibras en coníferas según el corte.

## Frondosas

Las frondosas aparecieron a finales de la era secundaria y son propias de las zonas templadas y tropicales. Estos árboles, a diferencia de los resinosos, son de hojas caducas, por tanto, su verdor desaparece con las hojas en invierno. Su madera presenta un tejido leñoso compacto, con células de paredes gruesas y pequeños espacios huecos, siendo más densas y pesadas que las coníferas. Su sección testa o longitudinal aparece surcada por poros y líneas provenientes de los radios medulares. La cara radial es la más interesante, los anillos aparecen continuos y nacarados, se conoce como maya o espejuelos. La cara tangencial aparece surcada y presenta manchitas lenticulares oscuras, producto del corte de los radios medulares. Su madera dura, de calidad y belleza, es codiciada por los carpinteros ebanistas, aun cuando resulta más difícil su labra (fig. 2.7).

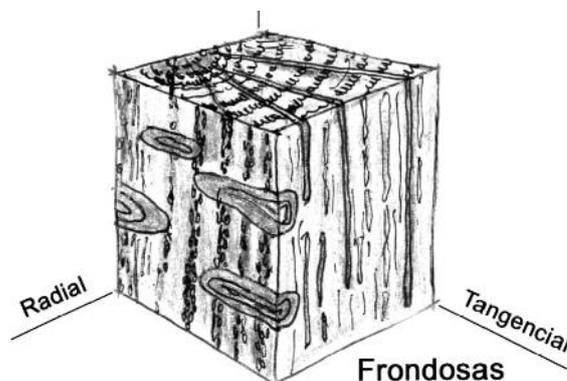


Fig. 2.7. Dibujo de las fibras en frondosas según el corte.

## Especies maderables en Cuba

### Roble

Nos referimos al roble blanco o roble de yugo. Es un árbol de tamaño mediano, unos 70 pies de altura por 30 pulgadas de diámetro. Cuando crece aislado es bajo, abundante de ramas y copa más alargada que ancha, tiene hojas compuestas de cinco folios grandes caedizos, la corteza es fibrosa color gris claro.

El roble produce buena madera, esta tiene una ligereza y semejanza con la del verdadero roble. Textura media. Se emplea en muebles, decoración de interiores, hormas y objetos diversos. Se debe cortar entre noviembre y enero para evitar que sean destruidas por los insectos.



Caoba

Meliácea frondosa, es un árbol grande de copa redondeada y corteza de color oscuro, lisa en árboles jóvenes, hendida en árboles viejos. Crece lentamente, puede alcanzar una altura superior a los 20 metros y de uno a dos metros de diámetro, se han encontrado caobas centenarias con más de dos metros de diámetro en la base del tronco.

La caoba es una de las maderas más valiosas del mundo, presenta vetas oscuras y onduladas,

difícil de atacar por los agentes parásitos, es madera dura. De color pardo rojizo variable con la edad del árbol y la localidad. En árboles jóvenes es claro y en viejos es oscuro, la madera proveniente de Oriente se reporta más sólida y más resistente que la de Pinar del Río.

### *Sabicú*

Es un árbol grande de forma indefinida y abundante de ramas. Cuando crece aislado su tronco es corto y grueso. En asociaciones densas es capaz de producir bolos de 20 a 30 pies de largo con 40 pulgadas de diámetro. La corteza que desprende es delgada de color pardo claro. Tiene hojas compuestas con folios ovales pequeños y no muy numerosos, se deshoja en período seco, crece rápidamente.

Una de las maderas más valiosa de Cuba es el sabicú, el corazón es pardo lustroso y a veces vetado, bien distinto de la albura blanca opaca y de poco espesor. Dureza y pesos medianos. Densidad 80 aproximadamente. Textura media, poros prominentes. Se emplean en traviesas, vagones, pisos, ejes, tirante. Es durable a la intemperie y no es atacada por los insectos.



*Cedro*

El cedro pertenece a la familia de las meliáceas, árbol grande, de tronco grueso y cilíndrico, con copa irregular y ramas grandes, corteza de color gris blanquecino, lisa en árboles jóvenes y hendida en árboles viejos. En condiciones favorables del monte pueden llegar a alcanzar un tamaño majestuoso de 30 metros o más con un tronco cilíndrico de uno a dos metros de diámetro, su crecimiento se considera rápido. Tiene hojas compuestas y alternas, se encuentra deshojado en período seco.

Su madera es blanda y porosa, fácil de trabajar y, al mismo tiempo, resistente y ligera en su peso. No es atacada por insectos, olor agradable, color pardo rojizo claro muy variable con la edad del árbol. Fibra recta y poros grandes visibles a simple vista, se emplea para cajas de tabacos, puertas, marcos ventanas, demasiado blanda para muebles aunque se puede utilizar en cualquier parte de una construcción.



*Eucalipto*

Pertenece a las mirtáceas, este género cuenta con más de 400 especies y variedades de árboles maderables.

Los eucaliptos se distinguen por su esbeltez. Su crecimiento es acelerado, sobre todo en altura. El tronco es alto cilíndrico libre de ramas en su mayor parte, las hojas son verticales para dejar pasar la iluminación. De corteza gris clara, lisa y caediza en algunas especies, fibrosa y hendida en otras.

Su madera es buena después de los dos años, a partir de los 15 años se considera más apropiada. Producen una mejor madera los ubicados en terrenos secos. Predomina el color rosado en el duramen, la albura de color gris. En general la madera es resistente y pesada, se puede emplear para postes de teléfonos y de cercas, vigas, soleras, pilotes, traviesas, puentes, bloques para pavimentos, construcciones navales, etcétera.



*Ocuje*

Pertenece a la familia de las clusiáceas. Árbol mediano o grande en localidades favorables, en montes pueden alcanzar más de 30 pulgadas de diámetro y una altura de 75 pies, su crecimiento suele ser rápido. Tiene el tronco recto notablemente cilíndrico y no inclinado a tomar estribos. En el árbol joven el tronco está cubierto por ramas que su mayor extensión le dan un corte cónico. La corteza vieja es corrugada de color negro y verdoso gruesa. Produce cuando se corta un látex resinoso color amarillo.

La madera se encuentra generalmente sana y libre de defectos. El duramen ocupa la mayor parte del diámetro del bolo, es ligera y de grano grueso, elástico y resistente. Se emplea en cons-

trucción de carros, tirantes, puentes, etc. Color variable pardo, rosado rojizo, según su edad.



*Pino*

El pino pertenece a la división de las gimnospermas, órdenes de las coníferas, familia de las pináceas. Los pinos en general constituyen el grupo más importante de árboles maderables de Cuba; entre las especies que existen en nuestro país están el pino macho, pino hembra, *pinus cubensis*, y *pinus occidentalis*, también encontramos la pinácea sabina de costa y la sabina cimarrona.

El pino es un árbol notablemente alto, de tronco recto y cilíndrico, libre de ramas en su mayor extensión. Corteza de color pardo rojizo oscuro profundamente hendida y formada por escamas caedizas. En árboles jóvenes, robustos y expuestos al sol, la copa es más o menos cónica, ocupa la mayor parte del tronco. Las ramas laterales están dispuestas en verticilos, se extienden horizontalmente y forman una serie de piso cuyos números representa la edad del árbol aproximada. Los pinos en general son de crecimiento lento, aunque se ve favorecido si se desarrolla en buenas condiciones. El pinar tiene tres valores fundamentales: el maderable, el de la resina y el higiénico y estético en tercer lugar.

El corazón del pino macho es el más duro y resistente de las especies encontradas en América. La madera del pino se emplea y tiene gran demanda en puentes, muelles, almacenes, fábricas, así como en construcciones que requieran madera resistente y de grandes dimensiones, como postes, pilotes, carros de ferrocarril y traviesas.



*Teca*

La teca pertenece a la familia de las verbenáceas. De los maderables exóticos comprendidos en Cuba es tal vez el más importante. Se encuentra distribuido por todo el país.

Es un árbol grande de tronco recto y elevado, y con frecuencia provisto de tabloncillos y estribos en su base. Su copa es ampliada y redondeada; su hoja caduca y grande tiene un tinte rojizo. Su corteza es delgada, bastante lisa y de color gris pardusco. Crece con notable rapidez principalmente en los primeros años.

La teca produce una madera preciosa por sus numerosas cualidades y múltiples aplicaciones, sobre todo su durabilidad. El corazón o duramen ocupa la mayor parte del tronco de color amarillo de oro que se torna después pardo con vetas más oscuras, la albura es blanca. Una vez seca la teca no se agrieta, ni se tuerce, ni pierde forma la madera. No altera ni corroe los clavos ni tornillos ni pernos. Su dureza no hace difícil la labra, adquiere buen pulimento. Es elástica y resistente. Contiene un aceite con aroma peculiar y agradable, se le atribuye a esta sustancia su durabilidad.

Es empleado en construcciones navales, en vigas, marcos de puertas, cujes, postes, también en la ebanistería.



*Majagua*

La majagua es un árbol de tamaño mediano. Cuando crece aislado es bajo y coposo con numerosas ramas. En monte o tierra alta puede alcanzar hasta 60 pies de altura, con troncos de 16 a 20 pulgadas de diámetro. Tienen hojas grandes enteras, corteza gris claro, raíces múltiples superficiales. Su crecimiento es acelerado. La majagua es frecuente en toda la isla. Tolera una gran variedad de suelos y, aunque necesita una humedad abundante, crece mejor en suelos frescos y bien saneados.

La madera es de peso mediano, algo más ligera que la caoba, su corazón es cenizo azulado y verdoso, con frecuencia vetado y albura blanco grisáceo. Es flexible y resistente, se

emplea en la decoración de interiores, muebles, mangos de instrumentos, escaleras, etcétera.

#### *Yaba*

Árbol grande que puede alcanzar 75 pies de altura y 30 pulgadas de diámetro. Tiene un tronco cilíndrico, corteza lisa parda oscura y de estructura granular. Rices profundas hojas compuestas perennes, de folios grandes. Se encuentra bien diseminada en toda la isla, en terrenos arcillosos, áridos y pedregosos. Su reproducción natural es escasa.

La madera es dura y resistente de color rojizo y anillos concéntricos que le dan alguna semejanza al pino, la albura es delgada de color blanco opaco y es consumida rápidamente por los insectos del género.

#### *Júcaro*

De tamaño mediano, puede alcanzar de 45 a 50 pies de altura y 24 pulgadas de diámetro. Corteza gris, hojas pequeñas verticales izadas. Habita en costas y terrenos bajos, ríos, costaneras de ciénagas, el mejor se encuentra donde el suelo va teniendo mayor altura y drenaje.

La madera es pesada y resistente, el corazón es pardo y amarillento, bien distinto de la albura que es de color más claro. Resiste la humedad del suelo y el ataque de los insectos, se emplea en traviesas, postes, pilotes y todo tipo de construcciones pesadas.

#### *Yarua*

Es un árbol grande de copa irregular y poco densa, puede alcanzar 60 pies de altura y producir bolos limpios de 35 pulgadas de diámetro, tiene hojas dobles grandes con folios ovales. La corteza es delgada de color gris claro.

La yarua no se encuentra más que en la porción occidental de Pinar del Río, donde prefieren los suelos pedregosos (piedra húmeda) de costa alta, se encuentran también en suelos arenosos húmedos no muy distantes de la costa.

La madera es muy valiosa, su color varía entre amarillo rojizo, anaranjado y rojo. Es dura, pesada y resistente. Textura media de grano recto a veces entrelazado, resulta una madera de difícil labra. Se emplea en construcciones que necesiten maderas muy resistentes: poste, marcos de puertas, ejes de carros, radios de ruedas de carros pesados, travesaños, etcétera.

#### *Cuajani*

Es un árbol grande de bolo recto y elevado, en el monte se encuentran entre los dominantes, tiene corteza gruesa negrusca y con la parte interna roja, tiene hojas simples, grandes, alternas y brillantes.

Nativo de las Antillas, se encuentra esporádicamente en los bosques húmedos bien saneados, con relativa abundancia en las lomas arcillosas de suelo rojo de Trinidad y localidades semejantes.

La madera es de color rojo oscuro, pesado y resistente, no es de grano fino permite el trabajo y pulido. Puede ser empleada en interiores, tablones, tirantes, soleras, no resiste por mucho tiempo la humedad del suelo.

#### *Dágame*

Es un árbol de tamaño mediano, de crecimiento rápido, alcanzando 60 pies de altura con 20 pulgadas de diámetro. Su tronco ni es muy recto ni muy cilíndrico, pero puede proporcionar bolos simétricos de 12 a 15 pies de largo por 8 a 12 pulgadas de diámetro. La corteza es delgada y lisa y de color rojizo. Las hojas son simples y de color verde claro.

El dágame es nativo de Cuba, sur de México y América Central. En Cuba es frecuente y abunda en algunas regiones presentándose esporádicamente en los montes de terrenos pedregosos secos o bien saneados.

La madera es dura, pesada, de grano fino de color uniforme, amarillo opaco, flexible y resistente a la fractura por torsión. Tiene disímiles usos.

## 2.6. Corte y transporte

Para obtener una madera con calidad es necesario un árbol que se haya desarrollado en condiciones beneficiosas, posibilitando su crecimiento adecuado; su selección correcta es importante. La época de apeo y las primeras medidas tomadas para el curado también influyen en la excelencia de la madera obtenida.

### Corte

El árbol debe ser talado cuando ha adquirido pleno desarrollo, pues al ser demasiado joven da una madera blanda, vulnerable a los agentes destructores, a grietas y alabeos. Cuando

es demasiado viejo el interior suele presentarse ya deteriorado o podrido, su madera o fibra leñosa de hace quebradiza. En cada caso, árboles demasiado jóvenes o viejos, carecen de valor como madera para la construcción.

La época ideal para realizar el corte de un árbol es cuando se encuentre cerrando su ciclo de crecimiento anual, coincide con la época de sequía. En esta etapa el movimiento de sustancias del suelo a las hojas es menos intenso, prácticamente nulo. Las posibilidades de ser atacada por agentes degradadores son muy escasas, no ocurriendo lo mismo cuando se tala el árbol en época de lluvias, encontraríamos a este con sus vasos más amplios impregnados de sabia en pleno crecimiento. Los almidones y azúcares encontrados en la albura serían alimento propicio para los organismos parásitos. Al aplicarle a una muestra de madera tinción de yodo, si esta se torna azul, nos afirma que el árbol fue abatido en pleno proceso de formación, primera madera en el anillo de crecimiento anual.

Cuando ya se seleccionó bien el árbol y la época, se procede a su tala. Este proceso requiere de obreros especializados, también existen personas que empíricamente realizan un trabajo de excelencia. El corte se puede llevar a cabo mediante sierras especiales o con el modo tradicional usando el hacha. En el último caso, se hace un corte en forma de cuña en el raigal por el lugar donde se desea que caiga el tronco, este corte será algo mayor que  $1/3$  del diámetro, luego se hace un corte similar en el lado opuesto, a una altura superior, quedando próximo al primer corte. El árbol caerá por gravedad debido a su propio peso, si no, puede ser guiada su caída usando cuñas y sogas, en términos físicos sería la combinación de la fuerza de gravedad ( $F_g$ ) con una fuerza auxiliar ( $F_a$ ), obteniendo la fuerza resultante ( $F_r$ ) que provocará la caída (fig. 2.8).

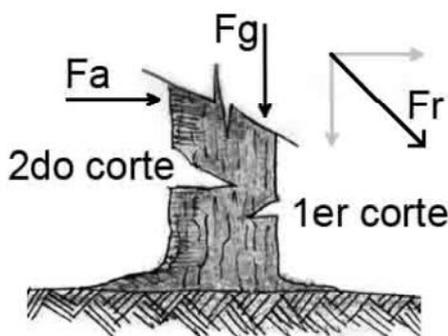


Fig. 2.8. Método de corte mediante hacha.

Una vez en el suelo se le separan del cuerpo principal (tronco) las ramas y el raberón o extremo de la cogolla, teniendo el mínimo de residuos. Si el árbol es de madera blanda resulta conveniente descortezarlo antes de ser trasladado al aserrío, favoreciendo la evaporación del agua que contiene. En cambio, si su madera es dura, resulta mejor no descortezarlo, para impedir que la desecación demasiado rápida produzca grietas indeseadas.

## Transporte

La madera se saca del monte mediante tracción animal o mecánica, puede usarse además la flotación, a favor de la corriente de los ríos, formando balsas o almadías. Desde este momento podemos hablar ya de la transportación de la madera, como un paso importante en el proceso. Factores como la localización de las plantaciones, accesibilidad, selección de modos (carretero, férreo y fluvial), el equipamiento especializado, así como las formas de carga y descarga juegan roles claves en el conjunto de la economía del sector. Ello implica su análisis desde la explotación del monte hasta el destino final de la madera. Se justifica así el planeamiento a largo plazo de los bosques destinados a la producción de maderas, a escala de territorio nacional.

En nuestro país la transportación se realiza fundamentalmente por el modo carretero, haciendo uso de camiones o rastras. En ambos casos se deben tomar medidas de seguridad como disponer la carga de manera organizada para el mejor aprovechamiento del área, sin dejar espacios vacíos que puedan ser ocupados luego de un desplazamiento de los elementos, amarrar fuertemente la carga, colocar barandas en los extremos, si los troncos son más largos que la plancha, señalar la zona que sobresale, es muy común colgar una tela color rojo intenso (fig. 2.9).

Al efectuarse la carga y descarga de manera mecanizada se reduce el costo total de esta actividad en razón de 200 a 300 %, en comparación con la ejecutada a camión parado, es decir, que es casi tres veces más económico realizar la carga y descarga de forma mecanizada que manual, agiliza la actividad misma del transporte. La mecanización no siempre será posible, influye el equipamiento disponible, las condiciones de accesibilidad del lugar,

las cantidades o volumen de madera a ser transportado y sus dimensiones.



Fig. 2.9. Transportación de bolos de pino mediante modo carretero.

## 2.7. Secado de la madera

La madera recién cortada contiene gran cantidad de agua, eliminarla antes de ser usada en la carpintería es determinante, a este proceso se le conoce como secado. La madera seca es mucho más duradera que la verde, aumentando su resistencia a ser biodegradada. Es mucho más ligera y, por lo tanto, más fácil de transportar. Aumenta notablemente la resistencia mecánica y mejora sus características como aislante térmico, acústico y eléctrico. Permite un mejor tratamiento con la aplicación de barnices, pinturas y preservantes. En trabajos realizados con madera fresca o verde, sus fibras tienden a separarse producto de la contracción que experimenta al liberar el agua contenida. También es de sumo interés que la madera cambia sus dimensiones durante el secado y este cambio debe haberse realizado antes de ser usada como material de construcción.

A causa de que la madera no seca de manera uniforme, se presentan esfuerzos internos que, sin llegar a ser grandes, provocan que la madera se agriete o raje en algunos casos, apareciendo fendas, tanto en los extremos, el centro o la superficie, también puede producir torceduras. Un proceso de secado demasiado rápido propicia estos daños. En la praxis se elimina la humedad de la madera con un mínimo de contracciones y daños a través del manejo de la humedad relativa, la temperatura y la velocidad del aire utilizados en el secado, estos aspectos son más guiados por el hombre en el secado artificial.

Existen tres métodos fundamentales de secado, el natural, el natural acelerado y el secado artificial. De estos el más usado en nuestro país es el primero, puesto que no necesita del uso de tecnologías ni gastos de combustibles.

### Secado natural

El secado natural se realiza después de que la madera se encuentre aserrada, en sitios secos y frescos, puesto que la humedad pudre. La madera se coloca organizada en forma de castillo, de manera tal que queden espacios vacíos entre las piezas para la circulación del aire. Esto se logra colocando separadores perpendiculares a las tablas, también pueden colocarse en ambas direcciones las piezas sin necesitar en este caso de los separadores, el inconveniente viene dado en el mayor área que ocuparía este castillo si las piezas fuesen de considerable longitud (fig. 2.10).

Los maderos también se separarán del suelo, es beneficioso que la disposición posea cierta pendiente o inclinación, de modo que el aire pueda actuar con mayor facilidad. Las pilas deben estar bien cruzadas y colocadas para garantizar la estabilidad; es fundamental que las piezas tengan las mismas dimensiones para una mejor modulación de la estructura temporal.

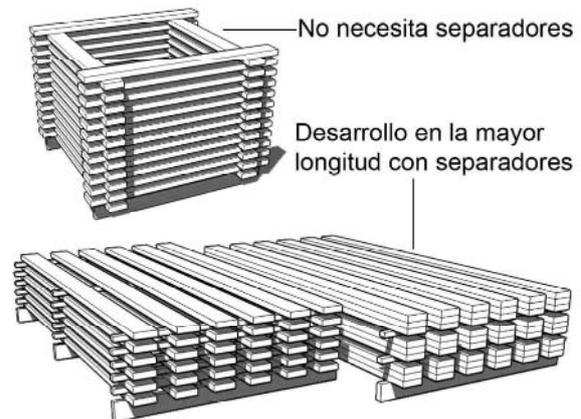


Fig. 2.10. Disposición de los castillos de secado.

Cuando tenemos un clima muy soleado como el nuestro, es conveniente que los castillos se protejan con cobertizos, así evitamos que surjan en las piezas grietas por desecación. De no existir los cobertizos, podemos colocar costeros en forma de techo al final de cada castillo, con una inclinación adecuada para escurrir el agua de las lluvias (fig. 2.11).

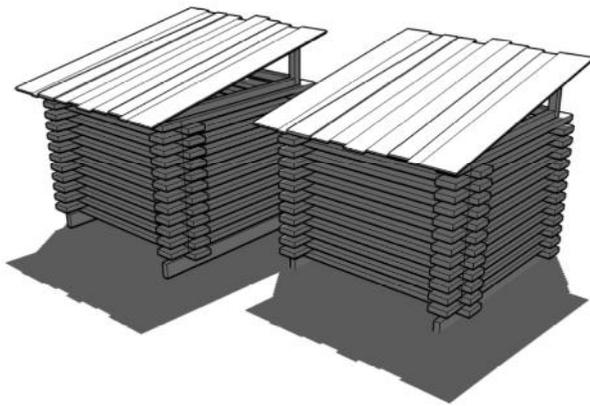


Fig. 2.11. Castillos con techos protectores.

Entre los inconvenientes del secado natural encontramos que se necesita de grandes áreas para la colocación de las pilas y que no elimina las larvas de los insectos. Tampoco permite un riguroso control sobre los diversos factores que influyen en el proceso de secado, debido a la gran dependencia del clima y sus variaciones diarias. El hecho de que la inversión en la madera debe permanecer inactiva durante considerable tiempo también resta rentabilidad al proceso.

Resulta beneficioso que el gasto de energía es nulo, además que la madera no cambia su colorido original.

a) Disposición correcta



b) Disposición incorrecta



Fig. 2.12. Secado natural de la madera.

## Secado natural acelerado

El secado natural acelerado se resume en sumergir los troncos ya descortezados en ríos, balsas o estanques, donde la corriente del agua atraviese los tejidos y vasos, disolviendo la sabia y sales hasta eliminarlas total o parcialmente, este proceso se lleva a cabo durante tres o cuatro semanas. Posteriormente se continúa con el secado al aire libre o secado natural. El agua ahora impregnada se evapora con más facilidad que las sustancias que contenía anteriormente, se reduce el tiempo de secado aproximadamente en 1/3 del total. Se presenta como inconveniente la variación en la coloración de la madera, obteniéndose tablones más oscurecidos.

## Secado artificial

El secado artificial es un proceso ideado por el hombre, en donde se dispone la madera en forma similar y se coloca dentro de cuartos cerrados en los que se controla artificialmente el calor, la humedad relativa y la circulación del aire, hasta que la madera alcanza el contenido de humedad deseado, esto cuartos se les conoce como estufas.

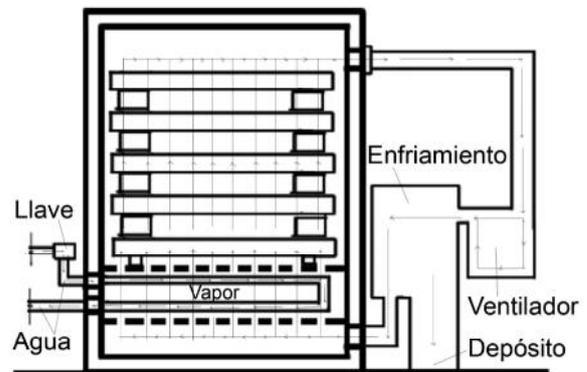


Fig. 2.13. Esquema de una estufa para el secado artificial.

Aun cuando los costos directos de secado en estufa son mucho más altos que los de secado al aire libre, se ha notado un incremento en su uso teniendo en cuenta las ventajas que presenta. Entre estas ventajas encontramos que es capaz de reducir el tiempo de secado que naturalmente puede llevarse a cabo en meses o años, a solo semanas, consiguiéndose maderas de altísima calidad; elimina los insectos y gusanos que pueden aparecer en la madera; es menor el área que utiliza en el

proceso; reduce el gasto del transporte por obtener una madera menos pesada y si es bien controlado reduce las grietas y alabeos. Los errores técnicos o humanos podrían echar a perder todo el volumen de madera. Recientemente ha despertado interés la posibilidad de utilizar energía solar en las estufas, lo que podría disminuir el costo de este método de secado.

## 2.8. Trabajos a realizar con madera

Cuando hablamos de carpintería nos referimos a la relación artística y científica que ha tenido el hombre con la madera a través de la historia. El término carpintería viene del latín *carpentum*, cuya traducción es carreta y *carpentarium* el que hace las carretas. Como sabemos, estos primeros vehículos fueron hechos de madera, al parecer sus constructores tenían un amplio dominio del material y la técnica. Son disímiles los trabajos a realizar con madera, desde un mueble hasta un elemento de grandes dimensiones, en cada caso exigen del ejecutante o carpintero un conjunto de habilidades y mañas propias del ámbito en que se desarrolla.

### Carpintería de armar

También se puede encontrar como carpintería de obras y encofrados. Su objetivo es la construcción de elementos estructurales de carácter definitivo o temporal, como los soportes, vigas, viguetas, estructuras de cubierta y otros elementos auxiliares, tales como apeos o estibaciones, encofrados, andamios y apuntalamientos.

### Carpintería en blanco o de taller

Dedicada fundamentalmente a realizar elementos de terminación de la obra, se distinguen aquí las puertas, ventanas, pavimentos, revestimientos.

### Ebanistería

Esta se considera carpintería fina, la confección de muebles, útiles del hogar, elementos decorativos, etcétera.



Fig. 2.14. Silla de ruedas de madera y metal.

### Carpintería de ribera

Se conoce por este término al oficio de construcción de embarcaciones, puesto que el trabajo se ejecutaba en los márgenes o las riberas de ríos y mares.

## 2.9. Consumo de energía

El árbol para su desarrollo utiliza como fuente de energía fundamental la luz solar, la cual interviene en el proceso de fotosíntesis. La obtención de la madera es una actividad que no requiere el gasto de grandes volúmenes de energía, puede ser manual o mecanizada. Es un proceso relativamente rápido. No es comparable con el gasto energético que se produce en la cocción del barro, para la obtención de ladrillos, tejas y otros.

Una tonelada de madera requiere siete veces menos energía que la necesaria para producir una tonelada de acero y 40 veces menos respecto al aluminio. La madera no aprovechable deviene en fuente de energía por su combustión.

Otro gasto en el desarrollo de esta actividad lo constituye el transporte, por esa razón es preferible y práctico que se utilice este material en el lugar donde precisamente exista.

Se puede afirmar entonces que el uso de la madera supone ahorro energético.

## Bibliografía

- ACEVEDO CATA, J.: *Materiales de construcción*, Ediciones, La Habana, 1985, pp. 448-466.
- Árboles maderables de Cuba, Instituto del Libro, La Habana, 1970.
- BETANCOURT BARROSO, A.: *Árboles maderables exóticos en Cuba*, Editorial Científico-Técnica, La Habana, 2000.
- : *Silvicultura especial de árboles maderables tropicales*, Editorial Científico-Técnica, La Habana, 1999.
- Biblioteca Atrium de la Carpintería*, Tomo 1, “Los materiales”, Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.
- : Tomo 3, “Carpintería de armar y de taller”, Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.
- : Tomo 4, “Oficios a fines”, Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.
- DE LAS CUEVAS TORAYA, J.: *La industria de cubana de materiales de construcción*, Ministerio de la Industria de la Construcción, La Habana, 1993, pp. 194-198.
- El pequeño Larousse ilustrado*, Diccionario enciclopédico, Ediciones Larousse, 1996.
- FORS, ALBERTO J.: *Maderas cubanas*, Instituto Nacional de Reforma Agraria, La Habana, 1965.
- HERMANO, LEÓN: *Flora de Cuba*, Tomos I, II, III y IV, Ed. Cultural S.A., La Habana, 1945.
- “La madera: Tendencias y perspectivas mundiales”, Estudio básico No. 16, Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, (FAO), Roma, 1967.
- PITA, SEVERINO: *La madera al servicio del arquitecto*, Editorial Contemporanea, Buenos Aires, 1949.
- Tecnología de la madera*, Instituto del Libro, La Habana, 1968
- TORROJA, E.: *Razón y ser de los tipos estructurales*, Asociación de Estudiantes de Tecnología, Publicaciones 1962.

## TEMA 3. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA

Para seleccionar con precisión y de forma acertada una clase de madera, según las necesidades y requerimientos de la obra a ejecutar, no hay duda alguna que resulta imprescindible conocer sus propiedades físicas, en cada caso el método que se ha de seguir en el trabajo tiene sus particularidades.

Cada parte del árbol confiere a la madera que genera cualidades diferentes, no resulta igual obtener la madera de la parte superior del tronco que de la inferior, ni de las raíces secundarias que de la raíz principal, así como tampoco de una u otra rama. Encontramos diferencias también según las condiciones de crecimiento del árbol, si es más joven o viejo, si ha crecido en terrenos húmedos o secos, en lugares cálidos o fríos, si es un elemento aislado o ha crecido como parte de un grupo.

### 3.1. Anisotropía

Al estar compuesta por un haz de tubos capilares dispuestos longitudinalmente en el árbol, la madera tiene diferentes comportamientos en las direcciones paralelas y perpendiculares a las paredes de esos tubos. La dirección radial, por otro lado, de las células de acumulación y el espesor diferente de las paredes formadas en la época de lluvias y en la de seca, justifica el diferente comportamiento en la dirección radial respecto a las otras dos.

Se estudia, por tanto, en las características de la madera, las tres direcciones: la longitudinal o axial, en dirección a las fibras o paralela al eje de crecimiento vertical del tronco, la radial,

perpendicular a la anterior y la tangencial normal a las dos primeras (fig. 3.1).

Entonces es así que al referirnos a las propiedades de la madera, como el comportamiento resistente, se debe hacer en relación a la dirección de trabajo.

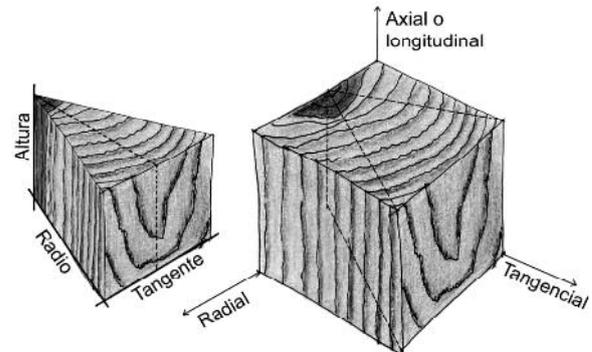


Fig. 3.1. Direcciones respecto a la fibra.

La resistencia relativa a compresión se ha estimado en 100, así como 15 relativo a la tangencial y la radial 9. En función de que la diferencia entre los sentidos tangencial y radial es pequeña, en el cálculo estructural se consideran la misma, por lo que se estudian los sentidos paralelo y perpendicular a la fibra.

### 3.2. Contenido de humedad

La madera es un material que contiene agua en las paredes de las células tubulares y puede tenerla dentro de estas. La humedad varía en función de la temperatura y la humedad relativa del ambiente.

- *Agua de constitución.* Forma parte de la madera y su desaparición supone la pérdida del material.
- *Agua de impregnación.* Es la contenida en las paredes de las células, determina el estado de saturación de la madera.
- *Agua libre.* Ocupa los espacios celulares o intercelulares vacíos. Constituye, junto a una parte del agua de impregnación, el porcentaje de humedad que se pretende eliminar en el proceso de secado hasta alcanzar el estado de equilibrio.

Un tronco recién cortado puede alcanzar más de 60 % de humedad, en cambio, si es embebido en agua, el valor se dispara a 250 ó 300 % de humedad. Después de ser sometidos al secado al aire libre, su proporción debe oscilar entre 12 y 18 %. “El por ciento de humedad

medio según dictamen de la Conferencia Internacional de Ginebra es del 12 %".<sup>1</sup>

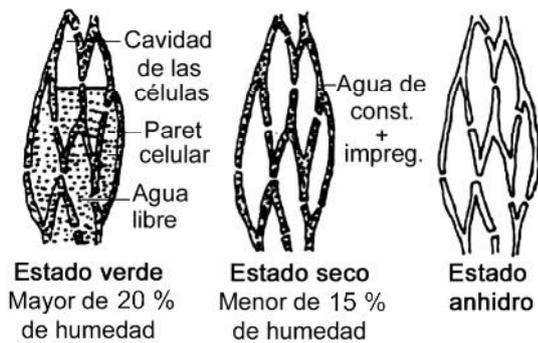


Fig. 3.2. Distintos estados en el tejido celular respecto al contenido de humedad.

Se expresa la humedad de la madera mediante el porcentaje del peso del agua contenida sobre el peso de la madera desecada. Si:

Ph, muestra húmeda

Ps, muestra desecada

Hs, contenido de humedad

$$Hs = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

El contenido de humedad se puede obtener en el laboratorio mediante equipos electrónicos, en obras se usa el humidímetro o la botella de SPEEDY. Esta última es un recipiente en el que se colocan 2 gr de madera en astillas y una ampolla de carburo cálcico, el carburo se transforma en acetileno mediante la reacción con el agua al romperse la ampolla y su presión hace accionar un manómetro, dispuesto en la tapa de la botella que mide la humedad.

### 3.3. Higroscopicidad

A la capacidad de absorber o perder agua se llama higroscopicidad. Se mide al variar la densidad en función del contenido de humedad en 1 °C. Así tenemos, por ejemplo, que si una pieza de madera seca con un contenido de humedad en equilibrio con la atmósfera circundante de 9 % se traslada del interior de una oficina a un invernadero, donde hay mayor cantidad de humedad en la atmósfera, la madera absorberá moléculas de agua del aire hasta

que su contenido de humedad llegue a equilibrarse con el que le rodea, pudiendo ser este de 18 %.

El contenido de humedad en equilibrio, o equilibrio higroscópico, es el contenido para el cual la madera no gana ni pierde humedad cuando está rodeada de aire con cierta humedad relativa y temperatura. Por esta razón es recomendable llevar a cabo el secado de la madera según las condiciones específicas del lugar donde va a ser emplazada. El gráfico de la figura 3.3 nos muestra el porcentaje de humedad ideal que debe tener la madera para condiciones ambientales típicas, por ejemplo, a 25 °C y 70 % de humedad relativa, el equilibrio aparece con 14 % de humedad en la madera.

El aumento de la humedad en razón de 1 % hace disminuir la resistencia en 4 %; es por ello que podemos considerar entre las propiedades más importantes de la madera la anisotropía e higroscopicidad, ambas influyen directamente en su comportamiento resistente. Las maderas como el roble, el haya y la caoba, son especialmente durables en un medio húmedo.

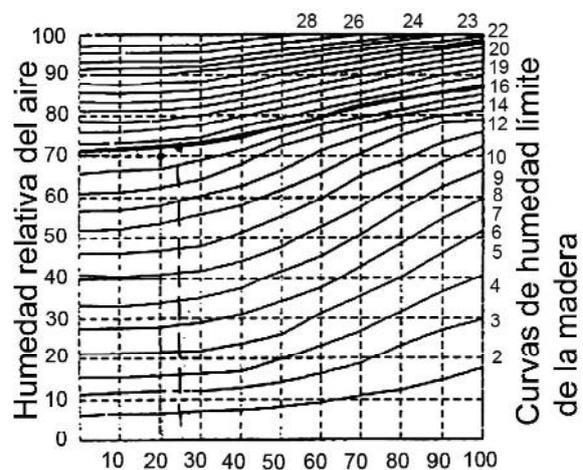


Fig. 3.3. Curva de equilibrio higroscópico de la madera.

### 3.4. Hinchazón y merma

La higroscopicidad y la estructura tubular de la madera explican que, frente a aumentos y pérdidas de contenido en agua, la madera responde con hinchamientos y con mermas en su volumen. La madera conserva normalmente de 15 % a 20 % de agua. Por evaporación las cé-

<sup>1</sup> Biblioteca Atrium de la Carpintería, Tomo 1, "Los materiales", Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993, p. 40.

lulas disminuyen de volumen y la madera experimenta contracción; en cambio, cuando el grado de humedad de la madera es inferior al ambiente, la madera absorbe agua, entonces las células aumentan de volumen, se hincha. La madera aumenta de volumen hasta el llamado punto de saturación de agua entre 25 y 30 % de humedad, a partir de él, no aumenta ya de volumen, aunque siga absorbiendo agua.

La contracción es mayor en las fibras jóvenes que en las viejas y en las maderas blandas que en las duras. En pleno desarrollo, la madera puede sobrepasar 60 % de humedad, que mediante el secado artificial puede disminuir hasta 10 %. Podemos relacionar con los cambios de volumen las grietas y fisuras que aparecen luego en la madera (fendas).

De esta propiedad se hacía uso en la antigüedad para fracturar rocas en las que se introducían cuñas de madera seca que posteriormente se humedecían. Las fuerzas de expansión se aplicaban para obtener sillares y formas cúbicas.

La anisotropía de la madera hace que los hinchamientos y las mermas anteriores no sean constantes, sino que varíen con las direcciones longitudinal, transversal y radial; lo cual crea una dificultad añadida ya que las variaciones dimensionales al ganar o perder humedad son distintas en cada dirección. Diferentes autores coinciden en afirmar que la mayor afectación en las dimensiones ocurre tangencialmente, seguido de la radial y prácticamente insignificante en dirección longitudinal. Los valores aproximados oscilan entre 8 y 12 % en el primer caso, entre 5 y 7 % en el segundo y entre el 0,3 y 0,5 % en el lado axial. Esto no descarta la existencia de maderas que presenten un comportamiento distinto en cuanto a números porcentuales se refiere.

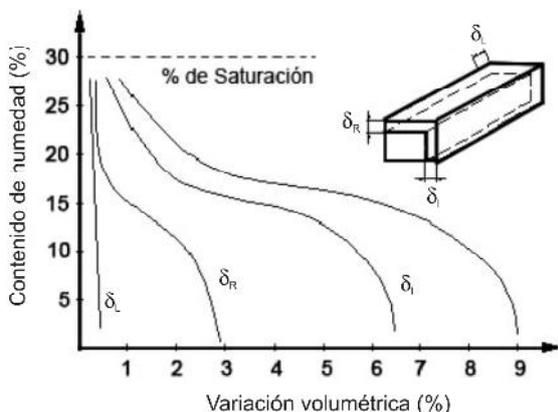


Fig. 3.4. Curvas del proceso de anisotropía.

Siendo  $T_s$  y  $T_o$  las longitudes tangenciales de la probeta en estado de saturación y secos respectivamente, la contracción tangencial vale:

$$T = \frac{T_s - T_o}{T_o} \times 100$$

### 3.5. Capilaridad

Los conductos capilares facilitan la ascensión capilar, esta circunstancia resulta perjudicial cuando se trata de la ascensión del agua proveniente del terreno, en aquellos componentes que arrancan del suelo, así como los que se apoyan en pilastras y muros, o aquellos que se encuentran empotrados en estos dos últimos. Esta propiedad, sin embargo, es favorable para la aplicación de los productos protectores en los tratamientos preventivos.

Para evitar tener la capilaridad como un enemigo, el arquitecto debe diseñar elementos que aislen el material de aquello que le podría proporcionar el agua. Por ejemplo, maderas no tratadas deben permanecer fuera del contacto con el suelo o el hormigón, pudiéndose diseñar elementos metálicos que actúen de aislantes y conectores a la vez.

Los soportes también pueden arrancar de una base pétrea y de la misma forma alejar el elemento del libre contacto con el agua. En los elementos horizontales o inclinados, donde existe contacto con muros o pilastras, las cabezas (testas), de vigas y viguetas, serán aisladas mediante juntas impermeables.

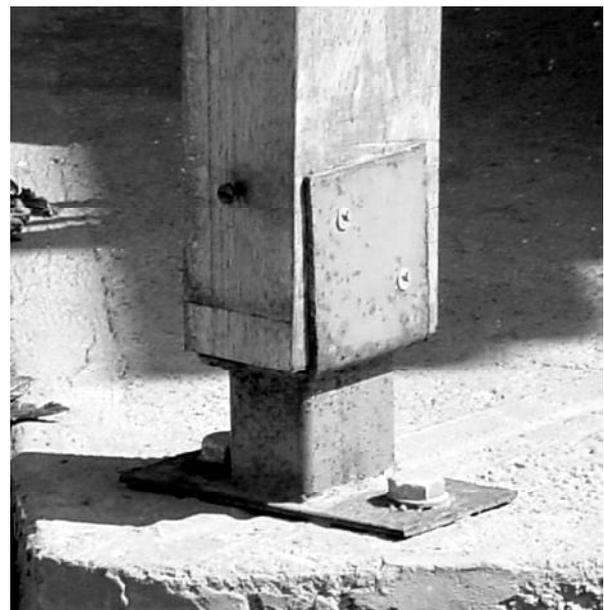


Fig. 3.5. Aislamiento de columnas de madera por medio de conectores metálicos.

### 3.6. Densidad

La densidad real de las fibras de la madera, es decir, el peso dividido por el volumen excluidos los huecos o poros, es prácticamente constante para todas las maderas y ronda los 1 500 kg/m<sup>3</sup>. Sin embargo, el volumen de los tubos hace que existan maderas como la balsa cuya densidad aparente sea de tan solo 140 a 160 kg/m<sup>3</sup>; de aquí el que se utilice en aerodelismo. Por el contrario, existen especies como el guayacán cuya densidad aparente oscila entre los 1 100 y 1 300 kg/m<sup>3</sup>.

La densidad aparente de las maderas que utilizamos en la construcción varía entre 400-550 kg/m<sup>3</sup> para las coníferas y de 600-700 kg/m<sup>3</sup> para las frondosas. Es decir, que la madera es mucho más ligera que el hormigón cuya densidad es de 2 500 kg/m<sup>3</sup>. De aquí su interés como elemento estructural, máxime cuando la madera duplica al hormigón frente a tensiones admisibles.

### 3.7. Dureza

La resistencia que hace un cuerpo a la penetración de otro se conoce con el término de dureza. Está muy relacionada esta propiedad con la densidad, a menor densidad, más volumen de los conductos tubulares y menos dura la madera. A su vez, debido a su constitución anisótropa, la dureza puede variar en los diferentes puntos del madero, por ejemplo, una zona anudada tendrá mayor cohesión de sus fibras que una pieza limpia, también el duramen presenta mayor dureza que la albura. Esta propiedad está directamente ligada a la cantidad de fibras y al porcentaje de humedad; a la vez que sea mayor la primera y menor la segunda la dureza aumenta. La madera de crecimiento lento es más dura que la de crecimiento acelerado, en frondosas la anchura de los anillos de mayor dureza, ocurriendo todo lo contrario en las coníferas. Los cortes radiales a diferencia de los tangenciales presentan también mayor dureza.

La dureza da un índice de la dificultad de trabajo que presenta una madera. Así la dureza de la balsa es de tan solo 0,2, mientras que la del guayacán está por encima de 12. En estos casos de extrema dureza se realizan barrenos previos de menor diámetro para facilitar la penetración de los clavos.

Clasificación según dureza	Especie de árbol
Muy blandas	Balsa, Tilo, Chopo, Higuera, Sauce.
Blandas	Cedro, Abeto, Aliso, Pino.
Semiduras	Haya, Nogal, Olmo, Castaño, Ciprés.
Duras	Caoba, Morera, Acacia, Arce, Olmo, Roble, Nogal Americano.
Muy duras	Ébano, Encina, Teca, Olivo.

### 3.8. Propiedades térmicas

La madera tiene una conductividad térmica muy baja, por lo que está indicada como soporte de materiales aislantes, esto se acentúa cuando se encuentra seca. Al presentarse húmeda se hace conductora de la electricidad y del calor. La conductibilidad es mayor en el sentido longitudinal de la fibra que en el transversal a esta, en las maderas pesadas también se acentúa respecto a las ligeras o porosas.

Aunque la madera es un material inflamable a temperaturas bajas, tiene un buen comportamiento al fuego, ya que su baja conductividad posibilita que la temperatura no aumente considerablemente.

Por otro lado, la baja dilatación térmica no provoca deformaciones excesivas. La carbonización superficial dificulta el avance de la combustión desde la periferia hacia el interior a razón de tan solo 1 cm por cada cuarto de hora. Además que al disminuir el contenido de humedad aumentan las tensiones admisibles de la sección y, aunque esta disminuya, se mantiene su capacidad portante.

Las radiaciones ultravioletas de los rayos solares queman la celulosa y la lignina, dando a la madera una tonalidad grisácea y haciéndola a su vez más quebradiza.

### Bibliografía

- ACEVEDO CATA, J.: *Materiales de construcción*. Ediciones, La Habana, 1985, pp. 448-466.
- Biblioteca Atrium de la Carpintería*, Tomo 1, "Los materiales", Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.
- : Tomo 2, "El manipulado", Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.

- : Tomo 3, “Carpintería de armar y de taller”, Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.
- Curso sobre la madera en la construcción*, (S.I.): FICYT: A.I.T.I.M., marzo, 1994.
- GUIGOU, C.: *La Madera*, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Las Palmas, Departamento de Construcción Arquitectónica, Gran Canaria, España.
- PITA, SEVERINO: *La madera al servicio del arquitecto*, Editorial Contemporanea, Buenos Aires, 1949.
- ROBLES FERNÁNDEZ-VILLEGAS, FRANCISCO y RAMÓN ECHENIQUE MANRIQUE: *Estructuras de madera*, Ed. LIMUSA, México, 1991.
- SEELEY, I. H.: *Tecnología de la construcción*, Ed. Limusa, México, DF, 2002, pp. 116-124.
- Tecnología de la madera*, Instituto del Libro, La Habana, 1968.

## TEMA 4. MADERA ASERRADA

La madera aserrada es la que se obtiene al cortar longitudinalmente el tronco del árbol con sierras manuales o mecánicas, y es un material relativamente reciente. Su antecedente fue la madera labrada, o la conformada con hachas o azuelas. Es utilizada desde inicios de la historia de la construcción hasta nuestros días. La madera labrada tuvo como antecedente, a su vez, la madera en rollo o rolliza, el tronco tal y como es, solo con el descortezado y el cajeado necesario para la unión. Hay huellas que evidencian su utilización desde el Neolítico.

### 4.1. Definiciones

En el mercado la madera se encuentra en dos formas fundamentales: madera sin labrar, ya sea en rollos, trozas, troncos descortezados, etc., y madera labrada o escuadrada, formando vigas, tablones, tablas, etcétera.

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

- *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 denomina poste.
- *Rollo grueso*: son las piezas en redondo que tienen más de 30 cm de diámetro en la cogolla y una longitud entre 10 y 15 m.
- *Rollo semigrueso*: son las piezas en redondo de 25 a 30 cm de diámetro en la cogolla y de 8 a 10 m de longitud.
- *Postes*: son los troncos que miden de 12 a 25 cm de diámetro y de 7 a 12 m de longitud.

tud. Se emplean generalmente en andamiajes.

- *Vigas redondas*: son piezas empleadas generalmente en los techos, con un diámetro de 15 a 25 cm y de 3 a 6 m de longitud.
- *Maderos*: los troncos redondos que miden de 15 a 25 cm de diámetro en la cogolla y de 5 a 10 m de longitud.
- *Apeas*: son los rollizos que tienen en la cogolla un diámetro inferior a 15 cm. Son usados en entibaciones.
- *Semirrollizos*: son las piezas que resultan de partir un rollizo mediante un corte de sierra a lo largo del eje.
- *Cuartones*: se llaman así a las piezas que resultan de partir los rollos gruesos por dos secciones normales, dadas a lo largo del eje
- *Madera escuadrada o de hilo*: recibe este nombre cuando están labradas con el hacha, presentando así las aristas más o menos redondeadas.
- *Madera de sierra*: se llama así cuando los troncos están encuadrados en sierra, teniendo las aristas vivas.
- *Madera de raja*: es la que se obtiene desgajando o hendiendo en sentido longitudinal los troncos.

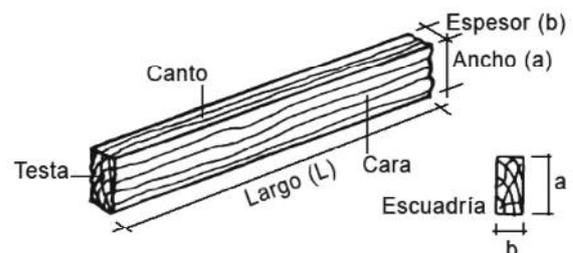


Fig. 4.1. Pieza de madera escuadrada.

Con el término de madera aserrada se denomina a los componentes de la madera maciza obtenida por el aserrado del árbol generalmente al hilo, dando como resultado una pieza con todas sus caras planas o escuadrada, es decir, piezas cortadas en dirección a las fibras y de secciones cuadrada o rectangular. Para un mejor entendimiento, denominaremos caras a las partes anchas, cantos a las estrechas y testas a los extremos de los maderos aserrados.

La sección transversal producto de la anchura por el grosor se conoce por escuadría y representa la superficie testa.

De acuerdo con la variación en sus dimensiones las piezas aserradas se designan como:

- *Alfarjía*: sección rectangular con 14 cm de tabla y 10 cm de canto, además con largo variable.
- *Chapa*: madera con un espesor de 2 a 5 mm, con largo y ancho variables.
- *Listón*: pieza rectangular de aristas vivas con escuadrías de 2 x 4 a 5 x 8 cm.
- *Palos o maderos*: cuando son de sección cuadrada o rectangular, de gran longitud. Las primeras se usan como pies derechos (horcones) y las segundas como vigas o soleras (jácenas).
- *Tablas*: pieza en la que predomina ancho sobre el grosor, el primero mayor de 10 cm en cambio el segundo varía entre 2 y 4 cm.
- *Tablones*: de sección rectangular con aristas vivas, de espesor igual o superior a 5 cm, grosor entre 10 y 30 cm y longitud variable. Se utilizan como viguetas, correas o pares.
- *Latas o ripias*: con espesor de 1 a 1,5 cm, se usan en entablados (enlatados).
- *Viga*: de 4 a 10 m de longitud con sección rectangular de aristas vivas, entre 15 x 20 y 25 x 35 cm.
- *Vigueta*: de menores dimensiones que la anterior, longitudes de 5 m y secciones entre 8 x 8 y 15 x 15 cm.

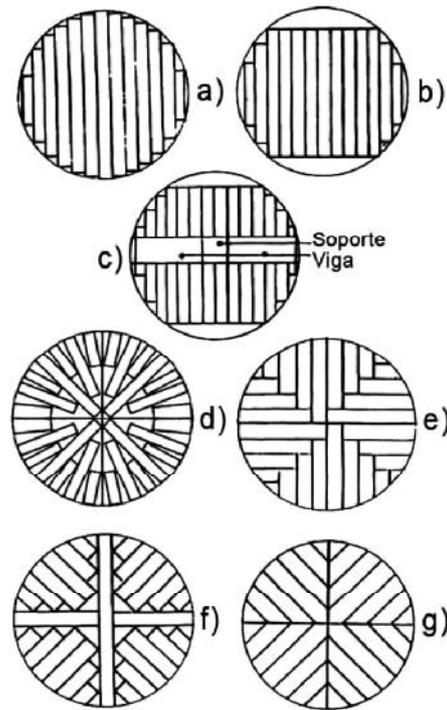


Fig. 4.2. Esquema de cortes típicos.

Cuando además de tablones se quieren obtener escuadrías de soportes y vigas, está indicado el corte del inciso c). Los inconvenientes citados de alabeos, curvados y desgaste se reducen con el corte radial mostrado en el inciso d), sin embargo, aumenta la mano de obra y, sobre todo, las pérdidas de madera. Otras soluciones alternativas se muestran en los incisos e), f), y g).

## 4.2. Métodos de troceado

Los métodos de troceado son muchos, en cada caso resulta importante lograr la mayor cantidad de madera útil. Otro aspecto importante es que se reduzcan al mínimo los inconvenientes de la contracción de las tablas, téngase en cuenta que solo en un plano coincidirán los cortes con el sentido de las fibras del árbol. Se escogerá la manera de producir el corte según la sección a obtener.

En el caso de tablones o piezas de sección rectangular, la forma más indicada es la de cortes tangenciales que se muestra en el inciso a) de la figura 4.2, es decir, cortes tangentes a los anillos de crecimiento y paralelos entre sí. Además de un buen aprovechamiento del tronco, las caras de las piezas presentan una textura agradable. Sin embargo, se prestan al alabeo, al curvado y al desgaste superficial. Una variante que permite obtener tablones de la misma sección es la indicada en el inciso b).



Fig. 4.3. Troceado de un tronco mediante el método de cortes tangenciales y paralelos.

### 4.3. Aplicaciones

Dado el volumen (en teoría cónico) del árbol, las longitudes de las piezas de madera aserrada no suelen superar los cuatro o seis metros. Por tanto, la madera aserrada se usa fundamentalmente en elementos estructurales de longitudes pequeñas y medias (pies derechos, vigas, viguetas, correas), en cubiertas (pares, tirantes), en construcciones exteriores (pérgolas), en revestimientos de pisos, fachadas y tabiques, y en construcciones auxiliares como andamios y cimbras. En estos casos la madera trabaja a tracción, a compresión y a flexión. Siempre es conveniente que los esfuerzos actúen en dirección paralela a las fibras, que es donde alcanza el mejor comportamiento.

#### Elementos sometidos a tracción

La madera aserrada trabajando a tracción se aplica en los tirantes, tirantillos, pendolones, de las formas de cubierta, así como en los componentes de arriostramiento y de contraviento. La figura muestra una estructura de cubierta con ocho aguas en forma de sombrilla, donde el elemento central trabaja a tracción.



Fig. 4.4. Estructura en forma de sombrilla.

Aunque en teoría la sección más indicada es la cuadrada, se prefiere la rectangular por la influencia del peso propio en el trabajo a flexión y la menor influencia de los nudos. El área a tener en cuenta es la neta; es decir, la total reducida en los orificios, ranuras y agujeros.

Conviene recordar que, en ocasiones, la sección más crítica no corresponde a la traccionada, sino con la sometida a los esfuerzos de corte que se presentan en los encuentros de unión.

#### Elementos sometidos a compresión

Los elementos de madera trabajando a compresión se aplican en los pares y parecillos de las formas de cubiertas y, sobre todo, como pies derechos, pilares o columnas.

En cuanto a la geometría de la sección, puede ser maciza, adosada y compuesta. La sección maciza más indicada es la del propio tronco descortezado, sin embargo, únicamente se utiliza como puntal y en ambientes muy rústicos, como soporte. En otros casos la sección más rentable es la cuadrada, o la rectangular cuando no presenta mucha esbeltez.



Fig. 4.5. Pilar de madera aserrada con sección cuadrada maciza.



Fig. 4.6. Secciones macizas.

Las secciones adosadas se conforman con escuadrías comerciales unidas mediante clavos o pernos.

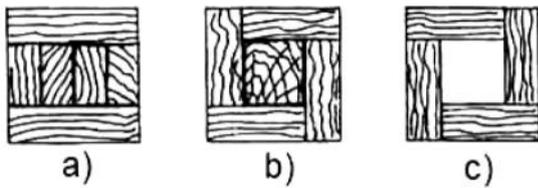


Fig. 4.7. Secciones adosadas.

Las secciones compuestas interesan en el caso de piezas largas, dado su mayor radio de giro. Consisten en escuadrías comerciales unidas por forros a fin de alejar las masas del eje neutro de la sección (fig. 4.8).

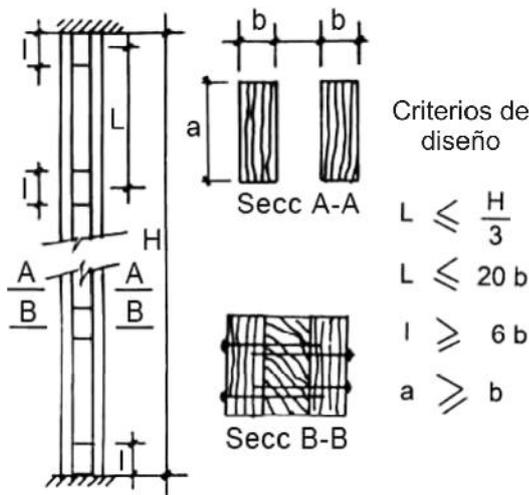


Fig. 4.8. Criterios de diseño para secciones compuestas.

### Elementos sometidos a flexión

Se aplican en los entablados de piso y cubierta, como viguetas en la formación de entramados horizontales y jácenas correas, cambios o viguetas en las soluciones de cubierta.

En luces pequeñas la sección más indicada es la rectangular maciza; en las medias, escuadrías adosadas; y en grandes, las compuestas. Las jácenas pueden conformarse con secciones macizas, adosadas y compuestas. Respecto a las primeras, el aprovechamiento más racional del tronco se obtiene mediante el corte representado en la figura 4.11, es decir, dividiendo un diámetro *AB* en tres partes iguales y trazando por los puntos intermedios *C* y *D* sendas perpendiculares *CE* y *DF*, la sección queda constituida por los puntos *AFBE*.

Para el diseño de un entramado horizontal, el espaciamiento entre las viguetas, de acuerdo con escuadrías comerciales, no debe ser su-

perior a 60 cm, otros criterios empleados se muestran en la siguiente figura, siendo *s* la separación entre los ejes.

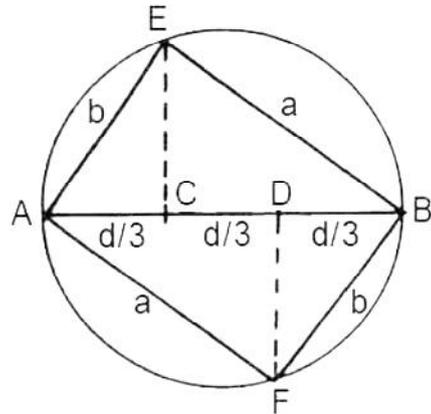


Fig. 4.9. Corte racional del tronco para la obtención de grandes secciones.



Fig. 4.10. Entramado horizontal.

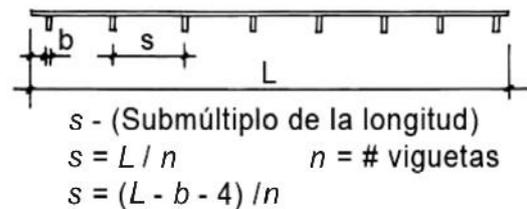


Fig. 4.11. Espaciamiento entre viguetas.

### 4.4. Defectos de la madera

Como consecuencia de crecimientos anómalos o de procesos incorrectos de secado o de aserrado, la madera presenta defectos que reducen las características mecánicas o afectan el aspecto estético, disminuyendo así sus valores comerciales. Las irregularidades del ciclo vital se consideran primarias, pueden generar defectos como la fibra torcida, madera

entrelazada, verrugas o lupias, curvatura del tronco, nudos, fendas y acebolladuras. Estos defectos enumerados se consideran de carácter orgánico.

### Defectos orgánicos de desarrollo

#### Nudos

Se deben al nacimiento de las ramas y clasifican entre los defectos más importantes por su influencia negativa. Su sección no colabora ante esfuerzos de tracción y, además, se desvían las fibras situadas a su alrededor. Se presentan de dos tipos: los vivos o fijos, que son aquellos que se forman al secarse el nudo en el interior del tronco, quedando cubiertos con los posteriores anillos de crecimiento. Este tipo de nudo queda pegado a la madera, no ocurriendo lo mismo con los muertos o flojos, en los que las capas de crecimiento no cubren su superficie y quedan aislados del volumen del tronco, estos nudos se desprenden con gran facilidad al aserrar.

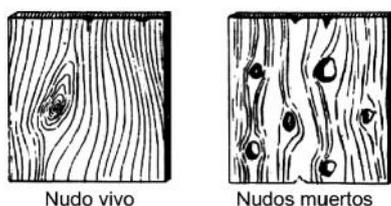


Fig. 4.12. Clasificación de nudos en vivos o muertos.

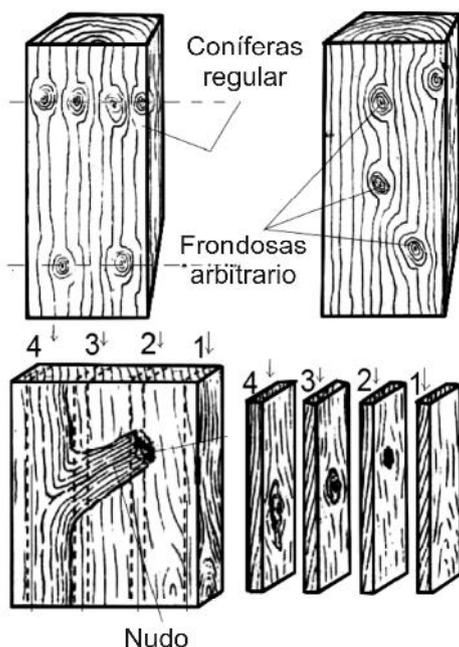


Fig. 4.13. Distribución y forma de los nudos.

La distribución de los nudos será diferente en las maderas de coníferas y de frondosas, ya que en las primeras la disposición es ordenada por niveles en la longitud del tronco, mientras que en las segundas la ubicación de los nudos es aleatoria y sin un orden aparente, lo que la convierte en la madera preferida para decoraciones y enchapes por su variado y atractivo dibujo. La influencia negativa de los nudos depende del tamaño y la localización, y sus formas de la dirección del corte; así, según que esté perpendicular, oblicuo o paralelo, resultan de forma circular, elíptica o alargada.

#### Tronco de fibra torcida

El fenómeno se da ya que 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 acelerado que el de las internas y sumado a la acción del viento en la etapa inicial del crecimiento del árbol, que lo obliga a trabajar a torsión.

La madera con estas características es poco resistente en su sección transversal, dando buenos resultados en aquellos elementos sometidos a torsión. Al ser en las capas exteriores, el sentido helicoidal de las fibras más marcado, se producen grietas en la superficie en la dirección de las fibras.

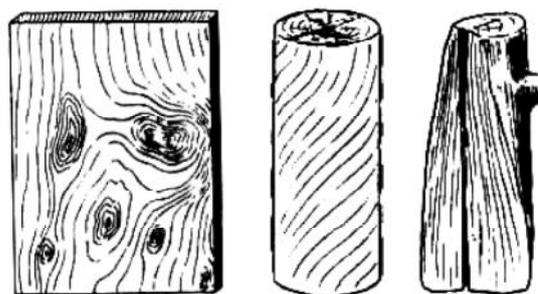


Fig. 4.14. Tronco de fibra torcida.

#### 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 se traduce inmediatamente en una madera con fibras curvas. Este tipo de madera luego de ser dimensionada puede traer grandes

complicaciones, ya que sus fibras tienden a curvarse en el sentido original del árbol. Estas desviaciones de las fibras en relación con el eje longitudinal, además pueden encontrar su causa en la presencia de nudos, o deberse a defectos de crecimiento o, en general, a la conicidad del fuste. Pueden estar en un plano o en dos, su presencia reduce las características mecánicas y el módulo de deformación de las piezas.

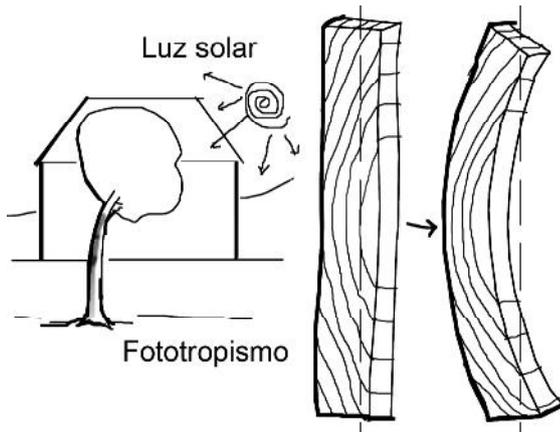


Fig. 4.15. Criterios de diseño para secciones compuestas.

Tanto el tronco de fibra curva como el de fibra torcida son producto de una respuesta que da el árbol a diferentes estímulos que le provoca el medio, como pueden ser los fuertes vientos predominantes, el crecimiento en taludes, en límites de bosques, la lucha por la luz solar, etc., hechos que influyen negativamente en sus características mecánicas. Es así que además se le conoce en estos casos con el término de *madera de reacción*.

#### *Corazón excéntrico*

Se puede generar la presencia del núcleo descentrado en árboles expuestos a fuertes vientos dominantes o excesivo asoleamiento focalizado, lo que repercutirá en sus anillos de crecimiento y constituirá una madera poco homogénea, de características físico mecánicas irregulares. Aproximadamente 75 % de los árboles ubicados en las zonas tropicales sufren este problema. Si esta desviación no es muy acentuada y no ha deformado el tronco de forma elíptica, no tiene importancia para el proceso de troceado.

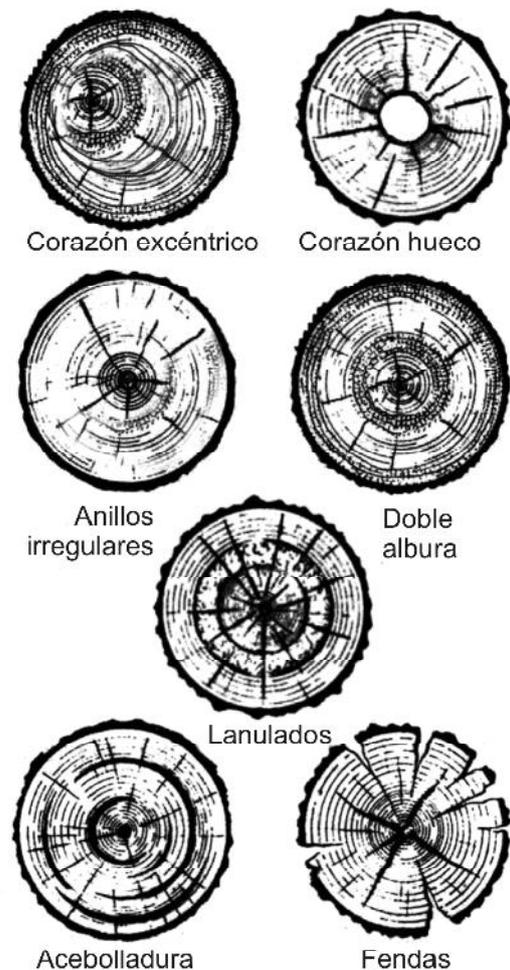


Fig. 4.16. Defectos de la madera.

#### *Anillos irregulares de crecimiento*

Este defecto es causado por los cambios climáticos, períodos de sequías, mayor o menor cantidad de luz, trasplantes, incendios, enfermedades parásitas y, en general, cualquier interrupción vegetativa brusca. Estos trastornos pueden causar además la doble albura, indicio de que el organismo se mantuvo un largo período sin crecer adecuadamente. Podrían aparecer incluso los lanulados o anillos muertos, rodeados por madera nueva o viva. Si es una irregularidad acentuada podría repercutir negativamente en la densidad y dureza de la madera en cada punto, afectando su estructura.

#### *Estructura con corazón hueco*

Este fenómeno se produce cuando el núcleo o corazón se seca, y los anillos se desintegran a su alrededor. Es originado por la enfermedad de pudrición roja; la acción de este virus va desintegrando todo el núcleo hasta consumir-

lo completamente. Esta madera presentará muy poca resistencia y cohesión de su masa leñosa, ya que sus fibras pierden capacidad de enlace. Se usará la madera más externa en el tronco si sus grietas radiales no son muy marcadas.

#### *Rajaduras de crecimiento*

Debidas a la aparición de esfuerzos internos durante la formación del árbol por cambios de temperaturas muy marcados, excesivos fríos o períodos de sequías, se presentan las rajaduras de crecimiento. Suelen tener directriz radial (fendas periféricas), anular (acebolladuras, bolsas de resina) o en cruz cuando coinciden en la médula (pata de gallo), este último puede verse relacionado con pudriciones. Estas rajaduras desfavorecen la resistencia a cortante que puedan tener los elementos aserrados con maderas afectadas por las mismas.

#### **Defectos de aserrado**

Cuando la madera entra en el sistema de producción pasa por un conjunto de procesos que la alteran y modifican, 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 provocará fendas o grietas radiales. El uso de tablas o tabloncillos 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. Todos estos procesos de contracción por pérdida del agua contenida en su interior 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 cual-

quier manipulación, quedará alterado en su estructura.

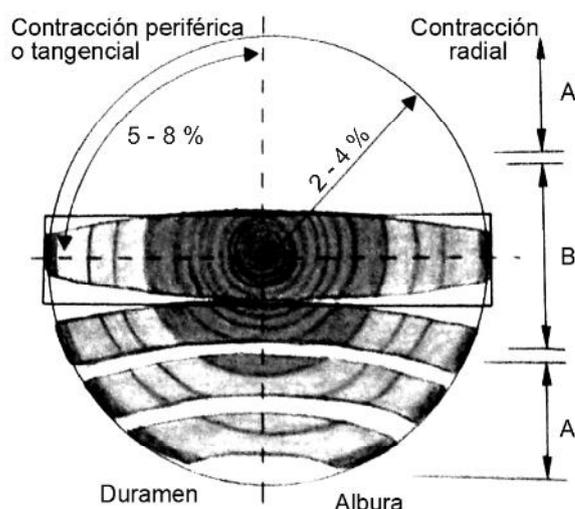


Fig. 4.17. Trabajo de la madera.

#### *Gemas*

Se trata de falta de sección de las aristas de las piezas como consecuencia de los cortes o aprovechamiento excesivo del tronco.

#### *Desviación de las fibras*

Se presentan cuando el aserrado no se realiza en dirección longitudinal, es decir, no se corta al hilo. También afecta la resistencia de las piezas.

#### **Defectos de secado**

En la actualidad se utilizan métodos de secados muy avanzados que reportan muy buenos resultados, aún así aparecen, aunque en menor grado, los mismos problemas que ofrecen sistemas tan antiguos como el secado al aire libre, y es que la constante sigue siendo la misma, no conocer a fondo 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, por lo que las tablas extraídas de un tronco pueden comportarse de diferente manera.

Los cortes se han verificado tangencialmente a los anillos, o sea, paralelos al eje. La contracción es mucho mayor en la periferia 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.

#### *Rajaduras*

Semejantes a las de crecimiento aunque con acumulación en el extremo de las piezas, debido al curado acelerado y empleo de madera verde.

#### *Alabeos*

Falta de planeidad en las escuadrías, en forma de arqueamiento, acanalamiento o en espiral. En escuadrías compactas se manifiesta en forma de torsión. El mayor o menor alabeo dependerá de la especie de 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.



Fig. 4.18. Pandeo y rajadura de la madera por motivo del corte y secado.

#### *Colapso*

Se produce cuando se seca la madera a temperatura excesiva y hay pérdida de agua de constitución.

## Defectos por la influencia del tiempo

Debido a la configuración de la madera, sus fibras longitudinales se ven afectadas por la aplicación de las cargas, así:

- Las deformaciones diferidas bajo carga permanente pueden alcanzar valores doble o triple de los iniciales. Una vez retirada la carga, la deformación se recupera en 50 %.
- La carga necesaria para alcanzar una deformación permanente va reduciéndose con el tiempo hasta alcanzar 60 % de la carga inicial.
- La carga de rotura de la madera también disminuye con la duración de la aplicación de la sollicitación.

Sin embargo, las características mecánicas no se ven afectadas por el tiempo, y también el comportamiento bajo ciclos de cargas repetidas es superior al de otros materiales.

## 4.5. Cálculo de la madera

Cubicar una pieza de madera es averiguar su volumen, conocimiento de vital importancia para la labor del arquitecto, puesto que sabrá determinar la cantidad exacta del material que necesitará para la realización de su obra. Solo en el caso en que la madera tenga formas bien definidas geométricamente, se podrá calcular su volumen con exactitud, si su forma es irregular el cálculo será aproximado. Se realizan dos pasos fundamentales: la medición y el cálculo del volumen. La manera de medición varía, puede hacerse por peso en aquellos casos donde el tronco no alcanza grandes dimensiones, también por ser maderas preciosas o exóticas. Si la madera está transformada en planchas o tablones de medida estándar, puede realizarse la medición por unidades. Además aparecen las medidas por metros lineales, cuadrados o cúbicos, este último de mayor utilidad. Es muy conocido el pie de madera, o pie de taller; este sistema de origen inglés consiste en llevar a esta medida las dimensiones de los elementos de madera, o sea, que la unidad básica es el pie (1') por pulgada (1") de espesor.

Como los troncos en general tienen una forma cilíndrica, o son conos truncados, las tablas y tablones que estos generan serán paralelepípedos, rectángulos o troncos de pirámides. El modo para determinar un volumen es multi-

plizando la sección por la longitud del elemento, o sea, el resultado de la multiplicación de sus dimensiones, ancho, alto y largo.

$$V = a \times b \times L$$

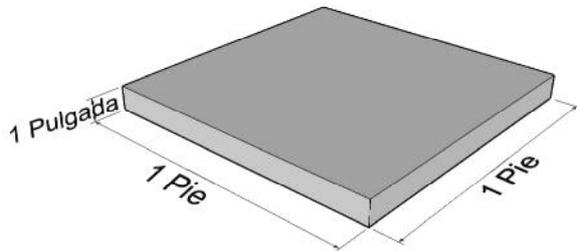


Fig. 4.19. Un Pie de madera o de taller.

Claro que en el caso anterior la pieza de madera presenta dimensiones constantes en los distintos ejes. Si tendríamos que calcular el volumen de una pieza ascuadrada no regular, un tablón con forma de base de pirámide, procedemos con la semisuma de las dos bases que no es más que la sección media de la pieza, multiplicada a su longitud.

$$V = (B_1 + B_2) / 2 \times L$$

Si las piezas a cubicar no tienen los lados rectilíneos o están sin escuadrar, se procede a calcular su volumen tomando como base la anchura mínima  $a$ , el resto no se tendrá en cuenta, considerándose como desperdicio.

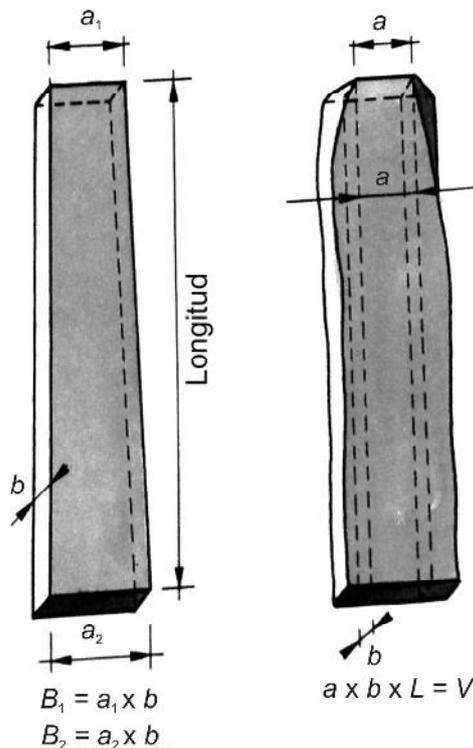


Fig. 4.20. Cálculo de volumen para tablas con formas irregulares.

### Unidades de medida útiles

1 tonelada	1000 kg
1 docena	12 unidades
1 gruesa	12 docenas
1 pulgada	2,53995 cm
1 pie	12 pulgadas
1 metro	3,28 pies
1 metro	39,378 pulgadas
1 metro cúbico	423,5 pies

### Ejercicios resueltos

1. ¿Cuántos pies de madera tiene un tablón con 10 pulgadas de ancho ( $a$ ), 2 pulgadas de espesor ( $b$ ) y 30 pies de largo ( $L$ )?

*Respuesta:*

El largo ( $L$ ) y ancho ( $a$ ) se necesitan en pies de madera, por tanto

$$1' (\text{pie}) = 12'' (\text{pulgadas})$$

$$a = 10'' (\text{pulgadas})$$

Por regla de tres  $a = 0,83'$  (pies)

$$P = L' \times a' \times b''$$

$$P = 30' \times 0,83' \times 2''$$

$$P = 49,8'$$

R/ El tablón tiene 49,8 pies de madera.

2. Calcula los pies de madera y la cantidad de metros cúbicos que tiene una gruesa de tablas de las dimensiones siguientes:

Ancho ( $a$ ): 6 pulgadas

Grosor o espesor ( $b$ ): 1 pulgada

Largo ( $L$ ): 12 pies

*Respuesta:*

El largo ( $L$ ) y ancho ( $a$ ) se necesitan en pies de madera, por tanto

$$1' (\text{pie}) = 12'' (\text{pulgadas})$$

$$a = 6'' (\text{pulgadas})$$

Por regla de tres  $a = 0,5'$  (pies)

$$P = L' \times a' \times b''$$

$$P = 12' \times 0,5' \times 1''$$

$$P = 6'$$

Cada tabla tiene 6 pies de madera, si es una gruesa de tablas, entonces son:

$$Pt = 144 \times 6' = 864'$$

La gruesa de tablas tiene 864 pies de madera, entonces si:

$$1\text{ m}^3 = 423,5'$$

$$x = 864'$$

Por regla de tres  $x = 2,04 H \approx 2\text{ m}^3$

R/ La gruesa de tablas es de 864 pies de madera, equivalente a 2 metros cúbicos.

## Bibliografía

ACEVEDO CATA, J.: *Materiales de construcción*, Ediciones, La Habana, 1985, pp. 448-466.

*Biblioteca Atrium de la Carpintería*, Tomo 1, "Los materiales", Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.

—————: Tomo 2, "El manipulado", Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.

—————: Tomo 3, "Carpintería de armar y de taller", Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.

*Curso sobre la madera en la construcción*, (S.I.): FICYT: A.I.T.I.M. ,marzo, 1994.

GUGOU, C.: *La Madera*, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Las Palmas, Departamento de Construcción Arquitectónica, Gran Canaria, España.

PITA, SEVERINO: *La madera al servicio del arquitecto*, Editorial Contemporanea, Buenos Aires, 1949.

ROBLES FERNÁNDEZ-VILLEGAS, FRANCISCO y RAMÓN ECHENIQUE MANRIQUE: *Estructuras de madera*, Ed. LIMUSA, México, 1991.

SEELEY, I. H.: *Tecnología de la construcción*, Ed. Limusa, México, DF, 2002, pp. 116-124.

*Tecnología de la madera*, Instituto del Libro, La Habana, 1968.

## TEMA 5. MADERA ARTIFICIAL

La utilización de los recursos forestales por parte del hombre ha sufrido un incremento notable, cada vez son menos las áreas de bosque que existen en nuestro planeta. Por tanto, ha aumentado el uso de productos derivados de la madera como pueden ser las maderas contrachapadas, los tableros aglomerados, los de fibras o la misma madera laminada encolada, que por sus cualidades e importancia como elemento estructural se estudiará en el próximo tema.

La madera artificial no es más que la fabricada por el hombre con trozos que sobran luego del troceado de los troncos. Estos residuos utilizables se unen mediante pegamentos especiales y hacen posible la obtención de tableros y otros elementos, en la mayoría de los casos, se adicionan chapas en las superficies para lograr mayor belleza y confort.

### 5.1. Fabricación de la chapa

En la actualidad, las técnicas desarrolladas de madera artificial o industrial contribuyen 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 piezas encoladas; para evitar la interrupción del veteado exterior se acude al revestimiento con chapas.

Se entenderá por chapa una lámina delgada de madera, con un grueso que puede oscilar entre los 2 y 4 mm. Si están entre los 4 y 10 mm de grosor, la lámina entonces se conocerá por regreuso. Las chapas se clasifican en dos tipos fundamentales: las destinadas al contrachapado y las usadas para decorar, estas

últimas, a su vez, se conocen de acuerdo al dibujo que logra con las fibras y veteado de la madera que las origina, algunos ejemplos son las lisas, las onduladas, las de aguas, de arrugas, etcétera.

Existen varios métodos para la obtención o fabricación de las chapas, cada uno de acuerdo con el tipo, especie y zona del tronco que se quiera transformar en láminas, posibilitando así su diversidad de formas, dibujos y calidad.

### Chapas por sierra

La obtención de esta chapa se produce mediante sierras alternativas horizontales y sus espesores oscilan entre 1 y 5 mm. 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, permite ser pulida y barnizada perfectamente, llegando a una terminación fina y de gran durabilidad. El inconveniente es la gran cantidad de materia perdida por efecto de los cortes sucesivos de sierra, por lo que es una operación encarecida si se compara con otros sistemas; además, se obtendrán piezas de un ancho limitado, alcanzando el diámetro del tronco en algunos casos, el resto siempre menor.

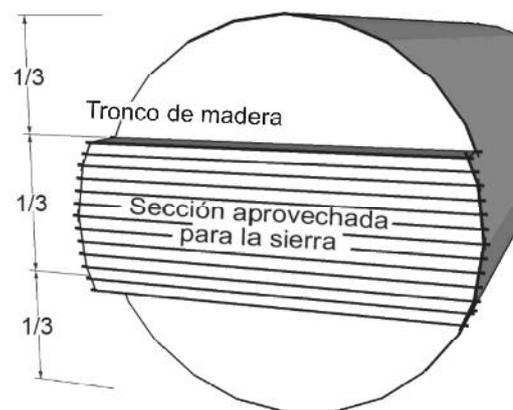


Fig. 5.1. Obtención de chapas mediante sierra.

### Chapas por cepillo

En este sistema la hoja de sierra es sustituida por una cuchilla 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. Si la madera que hay que cortar proviene de un árbol resinoso convendrá someter la pieza a un tratamiento de vapor equivalente a dos atmósferas, 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 el revestimiento de muebles donde se quiera destacar la belleza de las fibras y los nudos de forma natural.

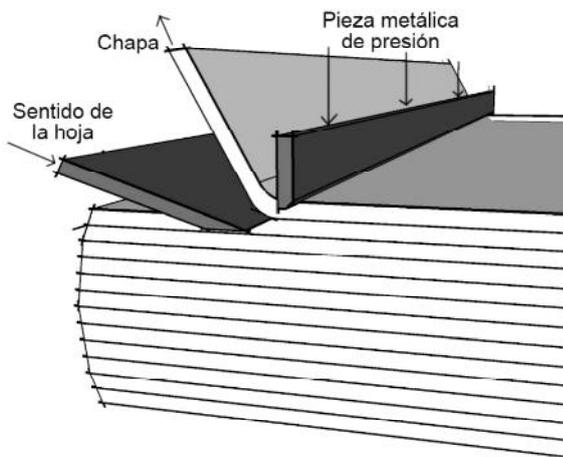


Fig. 5.2. Obtención de chapas mediante cepillo.

### Chapas desenrolladas

Básicamente este sistema consiste en un tronco que gira en un torno sujeto por los extremos, mientras una hoja portadora de una cuchilla va desenrollando una capa delgada de madera, la chapa.

Para evitar la rotura de la chapa durante el proceso, previamente se sumerge el tronco en agua muy caliente dejando el material más elástico y dúctil. Es un sistema que se emplea generalmente con maderas blandas.

Las láminas producidas por el desenrollado pueden alcanzar una gran longitud, aunque con el corte paralelo a las fibras no se obtienen capas tan delgadas ni vistosas, desde el punto de vista técnico y estético son inferiores en calidad a las obtenidas por cepillo. Su mayor ventaja es el rendimiento, lo que las hace ser la materia prima fundamental de la madera contrachapada.

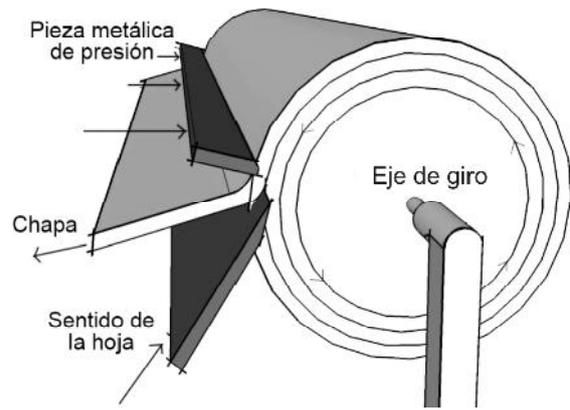


Fig. 5.3. Obtención de chapas desenrolladas.

## 5.2. Tablero contrachapado

La gran ventaja de la madera contrachapada es que, mientras la naturaleza produce maderas sin ninguna planificación, con nudos y cúmulos de resinas distribuidos al azar entre sus fibras, el tablero contrachapado puede ser fabricado según los requerimientos comerciales, con la seguridad que sus propiedades mecánicas serán las esperadas.

Contrachapar es formar un tablero con diversas chapas encoladas, una sobre otra, con sus fibras en sentido contrario, tanto sobre una base como por chapas solamente. 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 de número impar, que se encolan unas a otras con las fibras encontradas a 90 grados. 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. Las cantidades de chapas usadas con regularidad son 3, 5 y 7, resulta imprescindible, sea cual sea el número impar elegido, que el veteado de las caras exteriores sea paralelo (que estén orientadas en el mismo sentido).

Preferentemente la chapa se obtendrá de una madera homogénea, carente de resina y nudos, y con la fibra recta. Si no es así se procede a la extracción de nudos, se cubren los agujeros, se sellan las grietas y fisuras con resinas sintéticas, de ese modo cualquier madera sería útil.

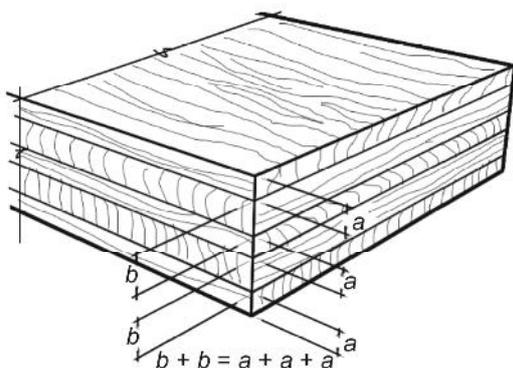


Fig. 5.4. Tablero contrachapado de cinco piezas.

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 efectuará con colas a base de caseínas, albúminas o resinas especiales, que, además de la capacidad de cohesión, son resistentes al agua y la humedad. El encolado puede efectuarse de maneras diferentes:

#### *Encolado en húmedo*

Del tronco aún húmedo se obtienen las chapas evitando que la madera sufra alteraciones con el secado (grietas, caída de nudos muertos, etc.). Es un sistema económicamente bueno y técnicamente muy deficiente, téngase en cuenta que una vez secadas las chapas, ya pegadas previamente, se deforman y provocan tensiones internas que debilitan el poder adhesivo de las colas, disminuyendo la resistencia de los tableros ante esfuerzos de flexión. Son utilizados estos tableros fundamentalmente en embalajes.

#### *Encolado en frío*

Consiste en unir las placas de madera secas, con un grado de humedad no superior al 10 ó 15 %. Las chapas se someten a secado artificial, permitiendo que este sea homogéneo y en 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 la 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 caseínas y colas de resinas 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 %. Colocadas unas sobre otras, las placas que formarán el tablero se trasladan a la prensa donde se comprimen en caliente a unos 120 ó 130 °C, una vez disuelta la cola con el calor, las chapas quedan perfectamente cohesionadas.

De acuerdo con la calidad del producto terminado, se dividen principalmente en tres categorías:

- *Categoría A.* Las caras exteriores del tablero se muestran limpias de defectos, es decir, sin nudos, juntas, grietas o cualquier anomalía que afecte el veteado parejo y homogéneo.
- *Categoría B.* En sus caras exteriores se pueden admitir ligeros defectos, pequeños nudos y firmes; el interior además puede presentar grietas sin importancia.
- *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.

### **5.3. Tablero aglomerado**

El tablero aglomerado de madera representa el completo y total aprovechamiento del material. Las resinas han permitido la posibilidad de aglomerar la madera consiguiendo que su utilización sea más sustentable. Las producciones de estos tableros comenzaron hacia el año 1950 y actualmente se emplean con gran difusión 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 a la construcción, al principio en interiores y, con su desarrollo técnico en la actualidad, también en exteriores.

Todas las dificultades de trabajo que se encuentran en la madera no existen al trabajar

los tableros aglomerados. Los cuales son paneles formados por virutas planas y cortadas, 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. Estas partículas se cruzan en todos los sentidos, tanto en la superficie como en el interior, resultando un material homogéneo que tiene 90 % de madera y se comporta mecánicamente mejor que muchas maderas naturales. Existen una gran variedad de paneles aglomerados de partículas basándose en dos métodos de fabricación, que se diferencian por la disposición seccional de la fibra: uno por prensado plano y el otro por canto y extrusión. En el último caso, el tablero queda terminado por sus superficies exteriores con unas chapas de madera, aportando mayor resistencia y belleza.

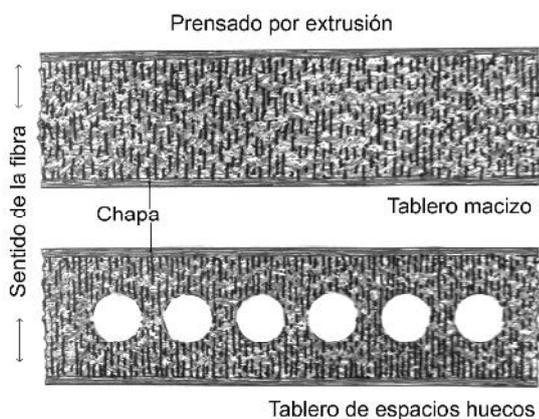


Fig. 5.5. Tableros aglomerados prensados por extrusión.

*Principales ventajas que ofrecen*

- Estabilidad aún mayor que el contrachapado, por la disposición multidireccional de sus fibras, permite uniformidad en toda su superficie.
- Ausencia de juntas, defectos o deformaciones y encoladuras.
- Resistencia a la humedad por la parcial impermeabilización de sus fibras antes del fenómeno de filtración.
- Mayor resistencia a los agentes atmosféricos y a los sucesivos cambios de temperatura.
- Grandes dimensiones en planchas que pueden llegar a tener 8 m de largo por 2 m de ancho, imposibles de obtener con madera natural.
- No es un material atacable, como la madera, por agentes abióticos, ya que sus par-

tículas son amorfas y están cubiertas de resina.

**5.4. Tablero de fibras**

El llamado tablero de fibras de madera de densidad media (DM) presenta una Calidad tal que se considera madera reconstruida y se trabaja prácticamente como si se tratase de una madera maciza.

Este tablero, también conocido como de fibras hidrófugos, se elabora en muchos casos con fibras de madera 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, permite la obtención de un producto de alta calidad, uniforme, fuerte, compacto, estable, liso por ambas caras y con una homogeneidad total en todo su espesor. Este material carece de nudos, grietas, alabeos, tensiones, ataques de parásitos o insectos xilófagos, aunque su peso específico puede ser un poco mayor al de los tableros aglomerados.

Básicamente se utilizan 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. Podemos afirmar entonces que esta solución permite al usuario efectuar todas las aplicaciones que hasta ahora había resuelto con la madera contrachapada o con madera en general.

El proceso comienza con una buena elección de las materias primas, las cuales luego de pasar por varias máquinas son convertidas en astillas. Una vez que se ha reunido suficiente cantidad se pone a secar la viruta en grandes parques. A esto le sigue un proceso detallado y minucioso, a base de sofisticadas máquinas y ordenadores, donde se separan las materias primas, se eliminan los cuerpos inorgánicos, se realiza el desfibrado, diferenciando las partículas que formarán parte de interior, a las que ocuparán lugares superficiales en el tablero, así sigue el prensado, corte y enfriamiento, posteriormente pasa por dos o más lijadoras. Es un proceso donde el control de la calidad es extremo, que permite conocer cualquier alteración, llegando hasta las anomalías más sutiles de humedad, textura y densidad.

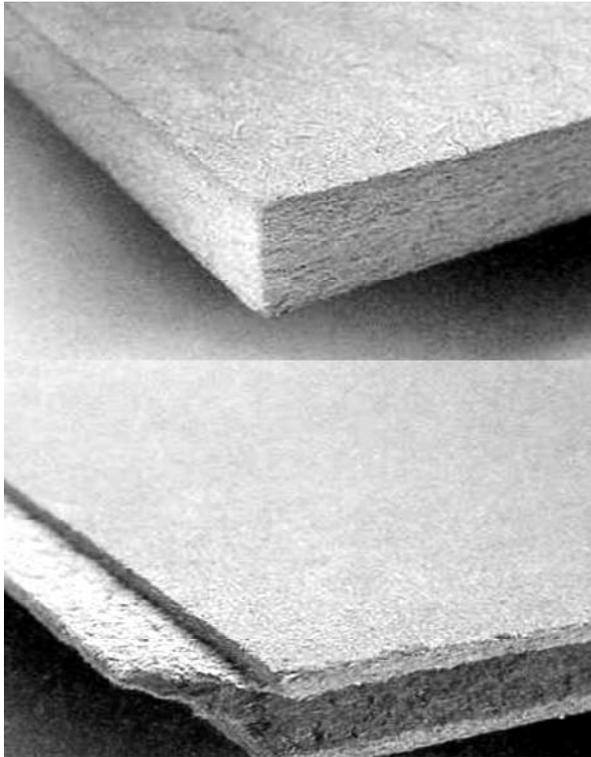


Fig. 5.6. Tableros de fibras.

### 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 fibra 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. El tablero de fibra lacado en blanco es el más empleado de todos los tipos, especialmente en la decoración de interiores. Otras calidades con la superficie vista no acabada son el denominado tablero perforado y el que presenta relieves y efectos decorativos geométricos.

### Bibliografía

- Biblioteca Atrium de la Carpintería*, Tomo 5, "Nuevas aplicaciones", Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.
- Curso sobre la madera en la construcción*, (S.I.): FICYT: A.I.T.I.M., marzo, 1994.
- GUIGOU, C.: *La Madera*, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Las Palmas, Departamento de Construcción Arquitectónica, Gran Canaria, España.
- ROBLES FERNÁNDEZ-VILLEGAS, FRANCISCO y RAMÓN ECHENIQUE MANRIQUE: *Estructuras de madera*, Ed. LIMUSA, México, 1991.
- SEELEY, I. H.: *Tecnología de la construcción*, Ed. Limusa, México, DF, 2002, pp. 116-124.
- Entrevistas a:
- M.Sc. Ing. Miguel Mariano Meneses Torres. EDING Sancti Spiritus.
- M.Sc. Arq. Frank Bernal Turiño. EMPA Sancti Spiritus.

## TEMA 6. MADERA LAMINADA ENCOLADA

Podemos decir que la madera laminada encolada es un nuevo material diseñado por el hombre, que vino a corregir la propia anisotropía de la madera natural, resultado del perfeccionamiento de las técnicas de laminación de la madera y la unión mediante adhesivos, que ya vienen en el tiempo desde antaño. El encolado se remonta a los egipcios, quienes usaron colas orgánicas para confeccionar los ataúdes de sus faraones, y del laminado se conoce su primera aparición en el siglo XVII con la unión de elementos mediante zunchos, grampas y mordazas.

La madera laminada encolada surge en Alemania y Suiza a principios del siglo XX (1906), sin embargo, no adquirió carácter industrial hasta después de la Segunda Guerra Mundial gracias al desarrollo de los pegamentos a base de resinas sintéticas.

### 6.1. Características generales

Recibe el nombre de madera laminada o laminada encolada, el componente estructural de carácter industrial, recto o curvo, obtenido a partir de tablas encoladas en capas sucesivas de tal forma que sus fibras son paralelas a la directriz de la pieza. Cada una de las capas recibe el nombre de lámina o de tabla, y estas pueden ser de cualquier longitud, anchura o espesor, y estar unidas por las testas, los cantos o las caras, conformando una pieza de las dimensiones especificadas en el diseño.

En los elementos de madera laminada encolada, a diferencia del tablero, predomina una dimensión sobre las otras dos, la longitud. Aunque

en teoría se puede acometer cualquier componente estructural, la aplicación más importante son las vigas y los arcos. La madera laminada encolada reúne todas las características de la madera maciza, incluso mejora las limitaciones de esta en algunos casos. Algunos aspectos de interés se relacionan a continuación:

- Elevada resistencia mecánica en relación con su baja densidad, próxima a  $0,5 \text{ kg/m}^3$ ; destacándose el material con una excelente relación peso/luz.
- Ausencia de dilatación térmica, por tanto, las elevadas temperaturas ambientales influyen escasamente en sus propiedades mecánicas.
- Despreciable variación dimensional por cambios de humedad (hinchazón y merma prácticamente nulas).
- Elevada resistencia química, lo que la hace adecuada para la realización de contenedores en ambientes particularmente agresivos (almacenes de abonos, instalaciones pecuarias o costeras en contacto con el salitre marino, techado de piscinas, pérgolas...).
- Aceptable resistencia al fuego. En una viga de madera laminada encolada de abeto, sin revestimiento antifuego, sometida a este, se observa un avance lento de  $0,6 \text{ mm/minuto}$ , equivalente a  $1 \text{ cm}$  por cada cuarto de hora, en la cara directamente atacada.

### 6.2. Diseño y fabricación

Para diseñar un elemento viga, uno de los más demandados en las estructuras de madera laminada encolada, tendremos en cuenta las tensiones a las que van a estar sometida sus fibras. Cuando la pieza es homogénea en madera de constitución (todas las láminas son de la misma calidad y especie de madera), trabaja como si se tratase de un elemento de madera maciza, entonces su proyecto debe basarse en la mayor de las dos tensiones  $T_c$  y  $T_t$ .

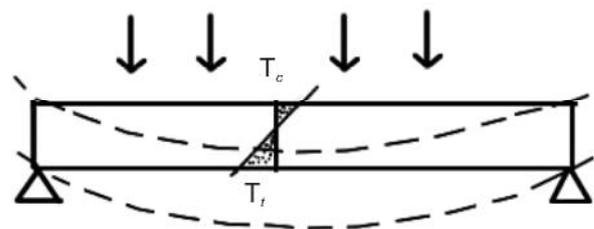


Fig. 6.1. Esquema de análisis para una viga homogénea.

Sin embargo, a medida que avanzamos en el interior del elemento, nos encontramos con capas sometidas a menores cargas, por tanto, si el material usado en estos puntos es el mismo que el puesto en lugares que demanda mayores exigencias, entonces podemos afirmar que no se están aprovechando al máximo las posibilidades resistentes de la estructura; si se comparara con el hormigón armado, sería como colocar barras de acero en todo el peralte de la viga. En un mismo elemento aparecerán tensiones diferentes ( $T_1, T_2, T_3, T_4$ ) que se les puede dar respuesta según las exigencias con maderas de distinto tipo, lo que redundará en la economía de la misma sin merma alguna de su calidad.

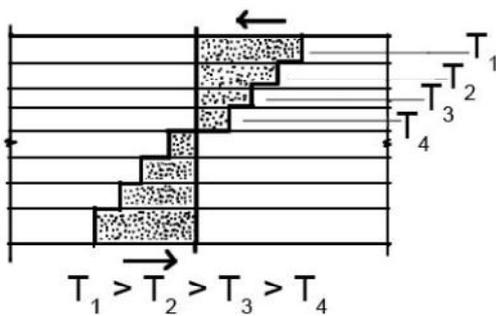


Fig. 6.2. Esquema de análisis para una viga de madera laminada encolada.

### Elección del tipo de madera

Se posibilita, como hemos visto, el empleo de maderas de calidad resistente diversas en una misma pieza, con arreglo a la distribución de tensiones previstas, podremos situar las capas de madera conforme a sus características resistentes. De las maderas más usadas podemos referir al abeto nórdico ( $0,5 \text{ kg/m}^3$ ), de 2<sup>da</sup> calidad para las láminas centrales y de 1<sup>ra</sup> calidad para las láminas externas que son las más solicitadas.

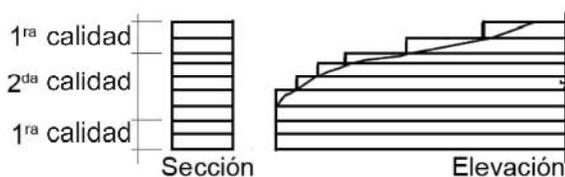


Fig. 6.3. Elemento de sección combinada e inercia variable.

En sentido general, para seleccionar convenientemente la madera a utilizar se tendrán en cuenta los aspectos siguientes:

- La especie (calidad, características físico-mecánicas).
- El grado de humedad.
- Las condiciones superficiales para la recepción y fraguado de las colas.
- La distribución de los defectos.

### Elección del tipo de cola

Las colas más antiguas son la orgánicas, posteriormente se empleó la caseína, la urea, la urea-formol y la resorcina. Según las características del medio se escoge la cola a emplear. Una pieza desprotegida, en medio húmedo exterior o interior, conviene encolarse con resorcina, fenol-formaldehído, resorcinol-formaldehído o con otras resinas sintéticas. Para lugares protegidos pueden emplearse colas más económicas, de urea y de caseína, y para empalmes de uniones dentadas podremos usar adhesivos de acetato.

Las colas de urea están contraindicadas para temperaturas superiores a las ambientales. Es válido conocer además que para condiciones de humedad superiores al 20 %, deben quedar desechadas las colas de caseína y urea.

Las colas de fenol-resorcinol poseen una temperatura de fraguado intermedia y una vida de almacenaje corta. Las colas de resorcinol son más costosas que las anteriores, puesto que admiten una vida de almacenaje larga y su fraguado aparece entre 20 y 30 °C. Las colas de melamina también admiten un almacenaje prolongado, pero precisan de una cuidadosa manipulación.

### Fabricación

La fabricación de este material artificial, la madera laminada encolada, exige gran inversión en instalaciones, equipos y mano de obra especializada. Si analizamos desde las estufas de secado la preparación de las láminas, obtención de gomas sintéticas, las prensas, hasta el mismo transporte y puesta en obra de los elementos, nos percatamos del porqué de la anterior afirmación.

La esencia del proceso consiste en unir las láminas de madera y así lograr el elemento deseado según las necesidades reales de obra. Ya anteriormente se explicaba lo importante de realizar una buena selección de las maderas y gomas a emplear que, unido a la ejecución casi perfecta de los equipos de alta tecnología guiados por el hombre, nos darán un material terminado de excelente calidad.

Para realizar el encolado la madera debe poseer una humedad escasa y acorde con el sitio al que estará expuesto el elemento. Por tanto, se necesita un control riguroso sobre este aspecto y se debe acudir al secado artificial o por estufas.

Si el elemento se va a emplear en interiores secos (calefacción), el encolado no podrá hacerse con valores de humedad superiores al 10 %, en caso de emplazamiento exterior, los valores permitidos oscilan entre 12 y 15 %.

Se deben rechazar las láminas que vayan a conformar una misma pieza y que posean una diferencia de humedad superior al 2 % entre ellas, esto atentaría contra la adhesión de los elementos.

Para la realización de los elementos estructurales (vigas), las láminas pueden colocarse perpendiculares al plano de flexión o paralelas a él, la sección rectangular es la más usada, aunque también se realizan secciones *T*, doble *T*, secciones de cajón, así como otras combinadas; todo dependerá de las aspiraciones del proyectista. Si se empalman las tablas en el sentido longitudinal de la fibra, nos permite alcanzar grandes longitudes y, si el empalme ocurre en el sentido vertical, conseguimos grandes cantos.

Con relación a la sección rectangular, podemos referir que el peralte de la viga estará entre tres y ocho veces su grosor o espesor, a su vez, esta dimensión cuando sobrepasa en valor de los 20 cm, necesita ser empalmada a otra.

Las tablas o láminas a unir presentan, usualmente, espesores que oscilan entre los 22 y 45 mm, además suelen tener longitudes inferiores a seis metros, en casos donde sea necesario superar este valor, habrá que acudir al empalme entre ellas. Los empalmes se

pueden lograr de varias formas, fundamentalmente a tope, biseladas y de diente de sierra. La primera es la solución más económica pero la menos efectiva frente a esfuerzos de tracción, no así a compresión. El biselado es más efectivo, aunque resulta negativo el considerable desperdicio de material. La última tiene como principal inconveniente el hecho de hacer el proceso aún más complejo e implica un desperdicio de madera.

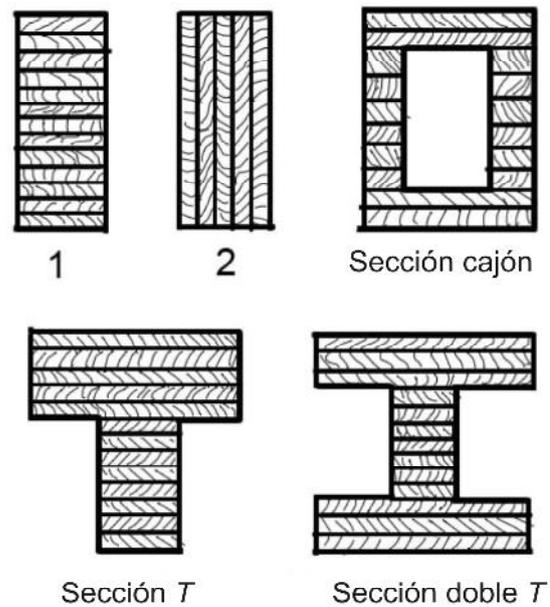


Fig. 6.4. Secciones más usadas en las vigas de madera laminada encolada.

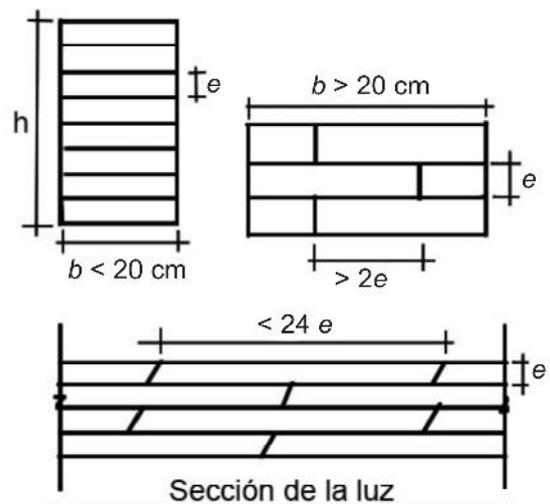


Fig. 6.5. Criterios de diseño para los empalmes.

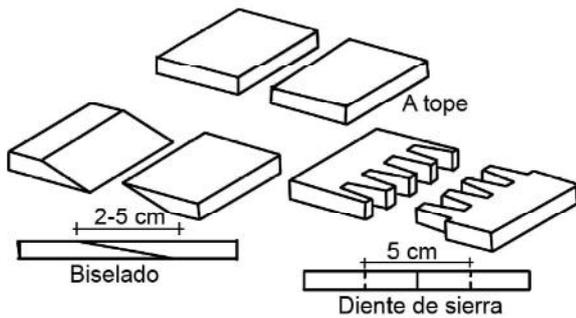


Fig. 6.6. Empalmes entre las láminas o tablas.

Siempre que se unan las láminas para la confección del elemento, es importante disponer las piezas a matajuntas.

Para la realización de estructuras curvas, se debe partir de láminas superficialmente estrechas, como para permitir su fácil curvado mediante hormas y prensas. Una vez encolada y concluida estamos frente a una pieza que, sin apenas desperdicio, se nos presenta como madera maciza, o quizás mejor, recordemos que podemos eliminar aquellos defectos que presente la madera de origen como nudos, grietas o acebolladuras. Cuanto más pequeño es el radio de curvatura o más empinado sea el arco, el costo de producción aumenta, ya que necesita de láminas más delgadas, suponiendo mayor gasto de madera por concepto de desechos y mayor empleo de adhesivos. La facilidad de curvado de las láminas previas al encolado es quien posibilita la futura curvatura presente en pórticos y arcos. Debe asegurarse que el radio de curvatura  $R$  de láminas con 30 mm de espesor, no debe ser inferior a 200 veces el citado espesor, es decir, debe ser mayor o igual a 6 m. Para alcanzar curvaturas más pronunciadas ( $R = 150$  veces el espesor), el espesor  $e$  de la lámina debe cumplir la relación:

$$e = \sqrt{(625 + 0,4 R)} - 25 \text{ mm}$$

De este modo podremos realmente saber, qué espesor o qué radio de giro son los indicados dejando uno como constante.

Las infinidades de estructuras que se pueden proyectar trabajan normalmente a flexión entre 120 y 140 Kp/cm<sup>2</sup> y alcanzan un módulo de elasticidad de 120 000 Kp/cm<sup>2</sup>, con un rango de humedad entre 12 y 15 %. En general, se puede entonces afirmar que las uniones con colas son más resistentes que la propia madera natural.

### 6.3. Aplicaciones

Las aplicaciones de esta madera en la construcción, como pueden ver, son ilimitadas, con un buen diseño se pueden resolver prácticamente todas las demandas. Se utiliza fundamentalmente para salvar grandes luces, resolviendo complicadas cubiertas, pérgolas, puentes, pórticos, arcos, cerchas, jácenas y soportes en general. Resulta de gran interés para la estructura de edificios singulares por su carácter formal, muchas instalaciones deportivas en las últimas olimpiadas están cubiertas con elementos de madera laminada encolada; así como en edificios cimentados sobre terreno de baja calidad por el reducido peso y las articulaciones en la unión pilar-zapata. Además, se emplea de manera particular en estructuras expuestas a ambientes agresivos, en las que exijan mayor estabilidad al fuego o en las que necesiten de un mantenimiento sencillo.

En Cuba, el uso más generalizado está en las soluciones de cubiertas de los vestíbulos y otros espacios de grandes dimensiones en las obras turísticas, así como en otras obras de interés social, histórico, político o cultural, ejemplo de ello es Hotel Dunas I, Cayo Santamaría; Castillo San Salvador de la Punta, La Habana; la Escuela de Arte de Trinidad; el Cabaret Tropicana de Matanzas; y el más reciente Centro de Estudios "Che Guevara", en La Habana.





Fig. 6.7. Castillo San Salvador de la Punta, Baluarte Quintanilla.

**Soportes**

La inercia variable, característica de los pilares de edificaciones industriales en los que el puente grúa le aporta las máximas solicitaciones, o de las estructuras singulares en las que interesan secciones variables con los diagramas de esfuerzo, o articulaciones en los cimientos se prestan a ser fabricados en madera laminada. En la figura 6.8 se presentan algunas formas típicas de columnas o soportes.

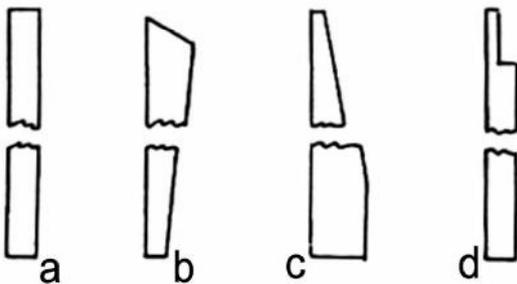


Fig. 6.8. Formas de soportes más usados.

**Jácenas**

Es el componente más característico de madera laminada encolada por la variedad formal, inercia variable en el diagrama de flexión, posibilidad de dar contraflecha, etc. En la figura 6.9 se representan las formas más usuales. Se fabrican elementos que salven las luces deseadas, pueden superar los 50 m.

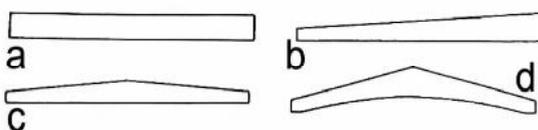


Fig. 6.9. Formas de jácenas más usadas.



Fig. 6.10. Jácenas de más de 30 metros de luz.

**Formas de cubiertas**

La facilidad para lograr formas curvas y la escasa variación de esfuerzos a lo largo de la longitud explica que la cercha más indicada para madera laminada sea la de directriz en arco de la figura 6.11. También el tirante es de madera laminada, mientras que los restantes elementos son de madera aserrada. Se fabrican además formas comerciales a dos aguas y otras de inercia constante.

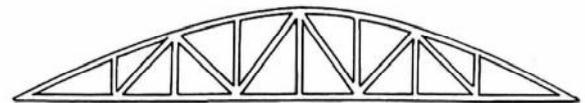


Fig. 6.11. Cercha curva de gran utilidad.

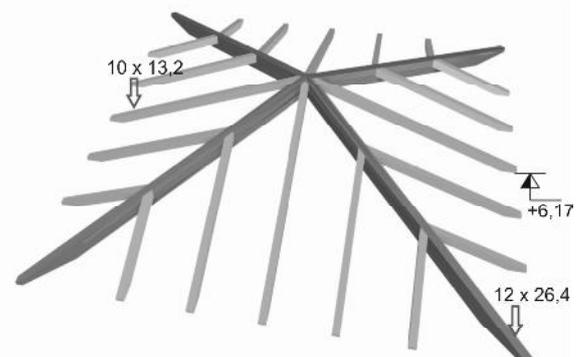
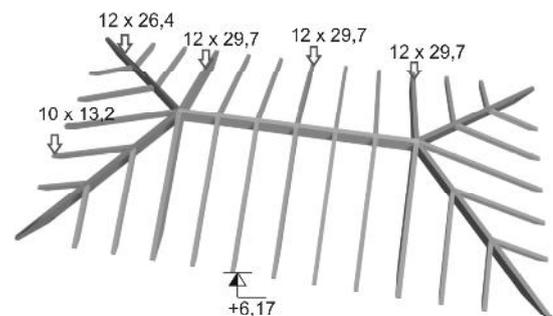


Fig. 6.12. Formas de cubierta más simples a cuatro aguas.

Pórticos y arcos

Donde la madera laminada encuentra su máxima aplicación y expresión formal es en los arcos y en los pórticos. La posibilidad de introducir articulaciones en cumbre y apoyos reduce esfuerzos en la unión pilar-cimiento, al tiempo que simplifica la fabricación, el transporte y el montaje.

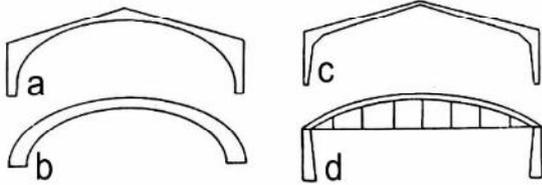


Fig. 6.13. Variantes de pórticos más utilizados.

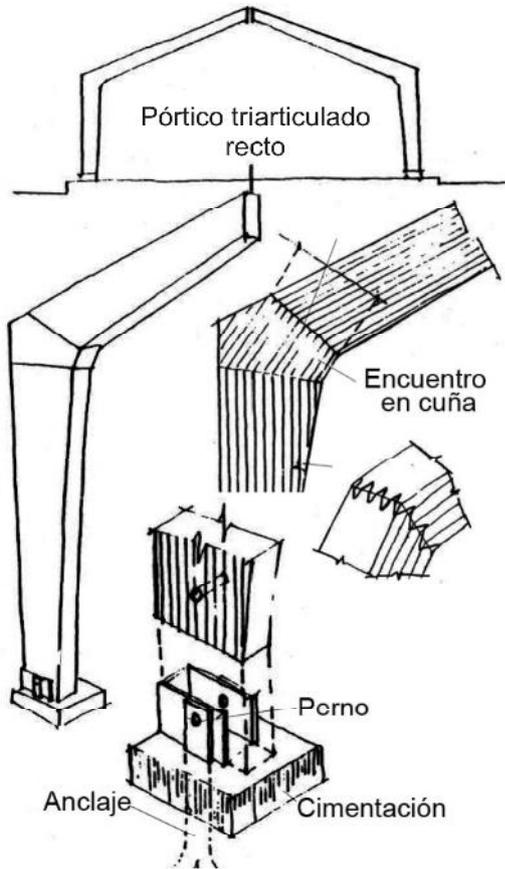


Fig. 6.14. Pórtico triarticulado recto.

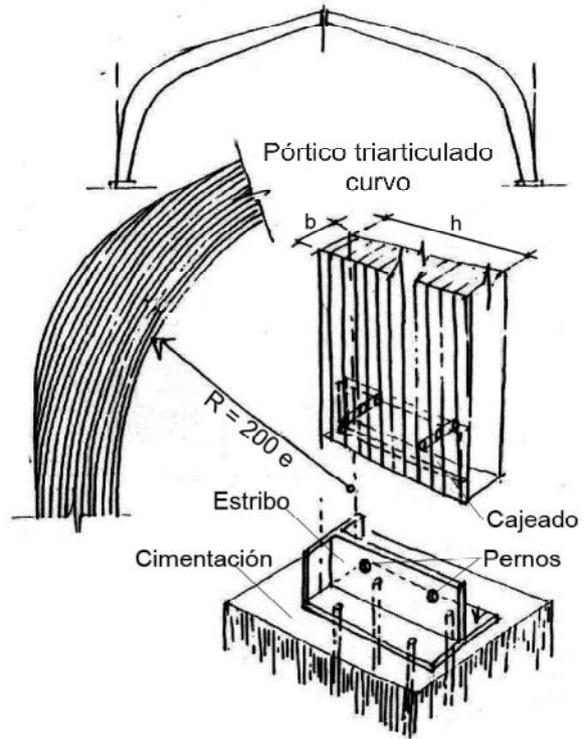


Fig. 6.15. Pórtico triarticulado curvo.

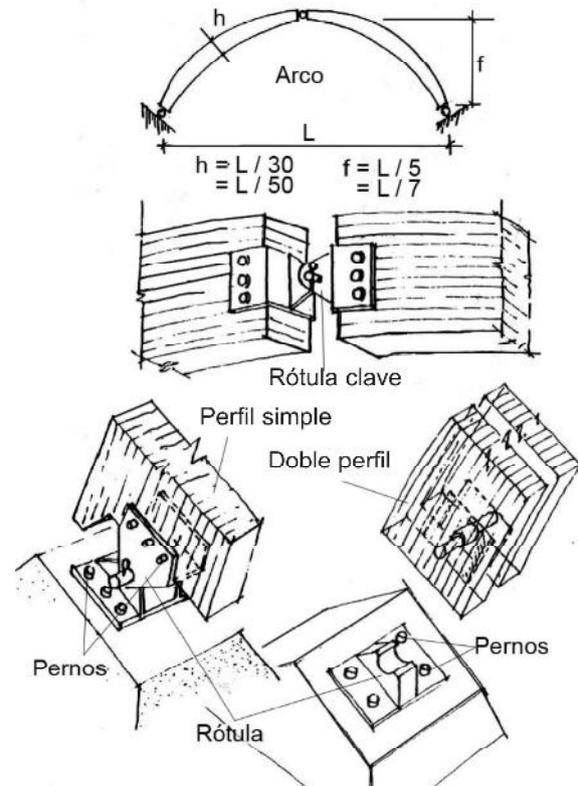


Fig. 6.16. Arco triarticulado.

## 6.4. Ventajas y desventajas

Ya hemos podido apreciar que la madera laminada encolada es un material que sin duda ha revolucionado el mundo en cuanto a arquitectura e ingeniería se refiere, a continuación daremos una relación de las ventajas que nos brinda.

1. Elevada resistencia mecánica.
2. Excelente relación peso/luz.
3. Ausencia de dilatación térmica.
4. Despreciable el hinchamiento o merma que experimenta ante la humedad.
5. Elevada resistencia química.
6. Mayor resistencia al fuego que la madera maciza, ya que estructuras con las piezas de grandes dimensiones resisten más que las de construcciones a base de piezas pequeñas aisladas. Al quemarse la superficie se forma un colchón de carbón vegetal que retarda la acción del fuego al interior de la pieza. Cuando la superficie exterior de la madera está a unos 100 °C, el interior puede estar por el orden de unos 30 °C, asimismo, cuando está a unos 800°C, en el centro de la pieza no se exceden los 100 ó 150 °C; por tanto, podemos afirmar que una viga de sección 10 x 30 cm resistiría la abrasión por un período de 30 minutos aproximadamente, esto se debe a la baja conductividad calorífica de la madera, 3 % de la del acero.
7. Posibilidad de proyectar elementos de sección no uniforme, mediante el empleo de diferentes números de láminas en los tramos de la estructura.
8. Posibilidad de construir grandes elementos de secciones y longitudes muy superiores a la de la madera maciza, a partir de piezas pequeñas y escuadrías comerciales estos elementos pueden superar los 50 m de luz y alcanzar 2 m de cara o peralto.
9. Posibilidad de construir arcos con radios de curvatura mínimos.
10. Elimina los defectos de la madera de origen, tales como nudos, acebolladuras y grietas.
11. Aprovechamiento óptimo de la madera cortada, pues una pieza puede componerse con maderas de calidades diversas según el trabajo que vayan a soportar, disponiendo en las zonas más solicitadas de la sección y la longitud del elemento, las maderas de mejores características mecánicas.
12. Posibilidad de introducir articulaciones.

A pesar de que el material nos brinda un sinnúmero de ventajas, no podemos dejar de mencionar sus inconvenientes:

1. Requerimiento de equipos e instalaciones especiales, alta tecnología.
2. Un personal técnico cualificado y una exquisita supervisión de la calidad.
3. El diseño es algo más complejo que el de las estructuras de madera maciza.
4. Mayor costo por unidad de volumen que el de la madera aserrada.

## Bibliografía

- Biblioteca Atrium de la Carpintería*, Tomo 5, "Nuevas aplicaciones", Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.
- Curso sobre la madera en la construcción*, (S.I.): FICYT: A.I.T.I.M., marzo, 1994.
- GUIGOU, C.: *La Madera*, Escuela, Técnica Superior de Arquitectura de Las Palmas, Departamento de Construcción Arquitectónica, Gran Canaria, España.
- ROBLES FERNÁNDEZ-VILLEGAS, FRANCISCO y RAMÓN ECHENIQUE MANRIQUE: *Estructuras de madera*, Ed. LIMUSA, México, 1991.
- SEELEY, I. H.: *Tecnología de la construcción*, Ed. Limusa, México, DF, 2002, pp. 116-124.

## TEMA 7. BAMBÚ

“El bambú, recurso de la naturaleza, utilizado en América desde épocas precolombinas”,<sup>1</sup> con número ilimitado de aplicaciones en la vida diaria de decenas de millones de personas, ha comenzado a despertar el interés de ingenieros y arquitectos de Cuba, así como de artesanos, artistas o investigadores en sentido general.

Uno de los problemas actuales sobre las características físico-mecánicas del bambú es que la documentación existente no se encuentra homologada. Resultaría trabajo difícil, si tenemos en cuenta que es un organismo del que existen un sinnúmero de subespecies, además que se ha adaptado y acogido al medio donde habita de maneras distintas, aún cuando hablemos de especies similares. Así, en países de Centroamérica como Ecuador, resulta sorprendente que entre nudo y nudo la caña posea aproximadamente medio litro de agua totalmente potable, en cambio, en nuestro país, la planta se nos presenta con alto porcentaje de azúcares en su constitución, en algunos casos hasta superiores que los de la caña de azúcar, este último punto, muy perjudicial por la atracción que representa para hongos e insectos xilófagos.

### 7.1. Características generales

Los bambúes pertenecen a la más primitiva, diversa y menos estudiada familia de las *Poáceas* (gramíneas), la denominada subfa-

milia *Bambusoideae*. No es un árbol, sino una especie de pasto gigante, de la misma familia del maíz, del arroz y del trigo. Es la especie vegetal de más rápido crecimiento, puede crecer en promedio 10 cm diarios. A diferencia de los árboles maderables que requieren cerca de 30 años promedio para su aprovechamiento y su uso en la construcción, el bambú se puede utilizar a los cuatro años de sembrado.

La caña de bambú, es un material muy versátil, con importantes características en su comportamiento físico-mecánico en estructuras, es así que la han dado en llamar el *acero vegetal*. La relación resistencia entre peso la hace tan importante como las mejores maderas, con una ventaja a su favor y es la de ser un recurso natural renovable de rápido crecimiento y fácil manejo; a diferencia de las maderas que se cortan y hay que volverlas a sembrar, el bambú no se corta sino que se poda, además aporta importantes beneficios ecológicos durante su crecimiento.

Es importante señalar que con el uso de este material en procesos como la industria de utensilios domésticos, la mobiliaria, las ambientaciones y hasta la construcción, supone la reducción de la deforestación, sabemos que cada vez son menos nuestros bosques vírgenes. El bambú tiene fibras naturales muy fuertes que permiten desarrollar productos industrializados tales como paneles, aglomerados, pisos, laminados, esteras, pulpa, papel, etc. Es decir, productos de calidad que podrían competir con otros materiales. Todas estas características y el haber incursionado ya en procesos de industrialización hacen del bambú un material con buenas expectativas hacia el futuro.

### 7.2. Selección y corte

Seleccionar el bambú es el paso inicial para su utilización. De lo acertado que haya sido este proceso dependerá en gran medida la futura durabilidad del bambú y de su resistencia al ataque de insectos, hongos y microorganismos.

El bambú seleccionado para el corte y posterior extracción del bosque o plantación es evaluado según los criterios de edad, color del tallo, presencia de líquenes y musgos, y estado físico del tallo. En el último caso se precisa que la caña esté desprovista de *vainas* (hojas caulinares), no estar torcida, quebrada, partida o con rajaduras, que no presente señales de perforadores o insectos.

<sup>1</sup>K. E. Stothert: Cultura Las Vegas, *La Prehistoria Temprana de la Península de Santa Elena*, Ecuador, Guayaquil, 1998, p. 94.

El bambú es una planta que cuando alcanza los cuatro años podemos decir que se encuentra lista para su corte y posterior empleo. Para esta fecha se considera que ya la caña está madura, hecha, o sazónada, al decir popular. En plantaciones dedicadas a la producción de bambú, los campesinos para conocer la edad de cada planta, suelen establecer una escala de colores. Cada año en la misma época realizan un censo en la plantación, donde marcan con un color diferente las nuevas plantas, pasados los cuatro años se sabe que cada tallo pintado, por ejemplo de verde, está listo para cortar. Como cada año sucede esto, al salir a la plantación notaremos las plantas marcadas al menos con cuatro colores diferentes.

En cuanto al color del tallo o culmo, su verde claro, lustroso y de brillo se tornará grisáceo; las bandas blancas existentes en cada nudo serán menos perceptibles, el color del follaje se hace menos verde y brillante que el de las plantas vecinas, estos cambios delatan su aptitud para el empleo, su madurez. Ligado al cambio de color, aparecen líquenes blanquecinos en forma de motas o pequeños círculos que cubren total o parcialmente el tallo. Si se desarrollara en un clima húmedo y cálido como el nuestro, además de líquenes habrá presencia de musgos. Estos elementos te posibilitan afirmar que la planta está entre los tres y cinco años de edad. “Si la guadua, es mayor de 5 años, se torna blanca y se la considera ‘vieja’, ‘pasada’ o ‘seca’, no apta para ningún uso, exceptuando el de combustible”.<sup>2</sup>

La época de apeo, como mismo sucede con los árboles, es un factor que influye directamente en la durabilidad y resistencia del bambú al ataque de insectos. En sentido general, se debe tomar como principio realizar el corte cuando el movimiento de sabia entre sus vasos y fibras es mínimo, esto sucede fundamentalmente en períodos de secas. Es costumbre popular relacionar esta actividad con la fase lunar, el horario en que se realiza y el estado de las mareas. Bien puede ser una tradición, pero no es menos cierto que desde siempre nuestros antepasados lo ha hecho y sus resultados han sido buenos.

<sup>2</sup>Jorge A. Morán Ubidia: *Preservación del bambú en América, mediante métodos tradicionales*, INBAR, Red Internacional del Bambú y Ratán.

Referido a la fase de la Luna, se acostumbra a realizar el corte en cuarto menguante o fase oscura. Científicamente está demostrada y aceptada la influencia de esta sobre las masas de agua, es así que en la etapa antes mencionada la caña presenta el mínimo de agua en su constitución.

El bambú, como todas las plantas, no es ajeno a los efectos de la fotosíntesis. Debido a la influencia de la luz en este proceso es evidente que durante la noche o madrugada la actividad fisiológica es menor que durante el día; es entonces por esta razón que se aconseja realizar el apeo en ausencia del sol.

Otra práctica acertada es la de llevar a cabo la tala cuando la marea es baja. Suele tenerse como referencia un manantial, arroyo, río o mar más cercanos, mientras más saturado está el terreno de agua, más porción del líquido está subiendo a las plantas.

Para llevar a término el corte se puede emplear el machete, es la herramienta más utilizada; también pudieran emplearse serruchos o sierritas especiales, se cortará sobre el primer undo y sin dejar cavidades para no provocar grietas o fendas en dirección de las fibras.

### 7.3. Curado y secado

El curado es un proceso que se realiza inmediatamente seguido del corte de la planta, en algunos países de América se usa el término de preservado. Como se explicó en el epígrafe anterior, el bambú es previamente seleccionado, luego del corte, se deja en el mismo sitio, sobre el “tocón” de su base o sobre alguna piedra, ladrillo o bloque, siempre de la manera más vertical posible, apoyado o recostado sobre los bambúes vecinos. Después de 20 ó 30 días, la caña se coloca horizontalmente y se despoja de sus ramas. Este escurrimiento de la caña con sus ramas durante algunas semanas se conoce como “sangrado o vinagrado”, permite la pérdida de la humedad contenida por efecto de la gravedad y por la transpiración de sus hojas. Al no cortar las ramas se disminuyen las posibilidades de infestación, ya que no quedan al descubierto partes de la epidermis. Los almidones se reducen a azúcares y estos, por fermentación, se convierten en

alcohol, así evitando la proliferación de insectos y microorganismos.

La permanencia del bambú cortado al interior de la plantación o bosque debe ser en condiciones adecuadas de sombra y ventilación. Un segundo paso en el curado es eliminar totalmente la sabia contenida en el interior del tallo, existen varias formas de hacerlo, a continuación haremos referencia a alguna de ellas.

#### *Inmersión en agua*

El bambú es sumergido o almacenado en sitios donde el agua actúe sobre él constantemente, como es el caso de los ríos, presas o ensalces, al pasar el agua por entre sus fibras, de tres a cuatro semanas, los almidones son sometidos al lixiviado (se desprenden de la sabia), así la caña es más resistente al ataque de microorganismos e insectos. Este proceso puede provocar manchas en la epidermis del bambú y, en caso de excesivo tiempo en el agua, tiende a la disminución de sus propiedades físicas y mecánicas.

#### *Curado mediante humo*

Esta es de las prácticas más antiguas desarrolladas por el hombre para la preservación de alimentos, maderas y bambúes. El humo provoca en los elementos un recubrimiento de partículas de carbón, denominado *hollín*, el cual tiene algunas características químicas que lo hacen insoluble, resistente a los agentes atmosféricos y a la luz. Además, el calor provoca la reducción de los contenidos de almidones en el proceso denominado pirólisis. Aquellos materiales que han sido sometidos a la acción del calor y carbonización tienden al aumento de su densidad.

#### *Curado mediante calor*

Un método derivado del anterior es el que se realiza mediante la aplicación de calor. Consiste en el calentamiento de los tallos de bambú en fogatas especialmente construidas. De esta manera se logra la transformación química de los contenidos de la caña (pirólisis), disminuyendo la humedad y el contenido de azúcares. El bambú como consecuencia aumenta su cohesión molecular, se endurece, mayor resistencia mecánica y mayor resistencia a los agentes degradadores.

#### *Curado mediante recubrimiento*

Se utiliza fundamentalmente hidróxido de calcio,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , obtenido a partir de la hidratación del óxido de calcio  $\text{CaO}$ , llamado popularmente cal viva. Este sistema, denominado *blanqueado con lechada de cal*, se aplica especialmente en las paredes formadas por bambúes abiertos. La avidéz de agua del hidróxido de calcio es tal que absorbe el vapor de agua de la atmósfera y de las sustancias orgánicas en contacto. De esta forma también se disminuye considerablemente el ataque de insectos y hongos, además de contribuir con la claridad del local.

Sobra decir que hay una amplia gama de productos químicos que contribuyen a la preservación del material, algunos valen más que la misma caña de bambú, otros incluso atentan contra la salud humana, de ahí que resulte positivo el tratamiento con alguno de los métodos enunciados anteriormente.

El secado contribuye a una mayor resistencia del material, no solamente en sus aspectos físicos y mecánicos, sino al ataque de insectos y microorganismos. Este proceso se inicia desde el instante, en que el bambú es cortado, ya que en dicho momento empieza a perder la humedad contenida en sus componentes. Igual que la madera, el bambú es un material higroscópico, por lo que cederá o tomará agua del medio según su relación de humedad con la atmósfera, tendiendo al equilibrio higroscópico. Si la pérdida de humedad durante el secado se efectúa de manera brusca, puede provocar deformaciones y rajaduras que afectan la calidad del material.

Campesinos consideran que una vez cortado y curado, como se explicó anteriormente, a la sombra del bosque, vertical, aislado de la humedad, con sus ramas y hojas, con ventilación natural y perdiendo progresivamente su humedad, se logra un secado uniforme que no requiere otro tratamiento posterior.

De manera general, el secado se realiza fundamentalmente al aire libre y bajo cubierta. En ambos casos, los bambúes deben estar aislados del suelo natural para evitar que la humedad del mismo afecte al secado o produzca proliferación de hongos y microorganismos.



Fig. 7.1. Casa de secado bajo cubierta de polietileno en Bayamo.

El tiempo de secado está en función de la humedad ambiental, así como de la cantidad de radiación solar, ausencia o presencia de lluvias y velocidad del aire circundante, se considera que no debe ser nunca menor de ocho semanas. Uno de los indicadores por el que se guiaron siempre los campesinos es el cambio de coloración, el bambú se tornará amarillo cuando está listo para su empleo.

#### 7.4. Recomendaciones para su empleo en la construcción

Los agentes degradadores del bambú son los mismos que afectan a la madera, recuerde que este también es un material orgánico vegetal, pudiéramos decir que es un tipo de madera muy particular. Estos enemigos fundamentales son el agua, el fuego, la luz solar, los hongos e insectos xilófagos y el mal diseño y construcción de las estructuras, que si bien es un enemigo en este caso, podría ser el mejor de nuestros aliados para lograr mayor durabilidad.

“El inmunizado no significa protección contra otros efectos ambientales, de manera que la guadua no puede exponerse ni al sol ni al agua, en ninguna parte de la edificación, pues la acción de los rayos ultravioletas produce resecaamiento, fisuración, decoloración y pérdida de brillo, y los cambios de humedad pueden causar pudrición”.<sup>3</sup> Por tanto, el bambú debe estar protegido de la intemperie, así como de la hu-

<sup>3</sup> Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica -AIS-.

medad por acción capilar. Se debe colocar bajo techo y proteger con grandes aleros y buenos pedestales encima del piso, con una altura mínima de 40 cm que lo protejan de las salpicaduras de la lluvia y el ascenso de agua por capilaridad, atendiendo al principio de tener buenas botas y buen sombrero.

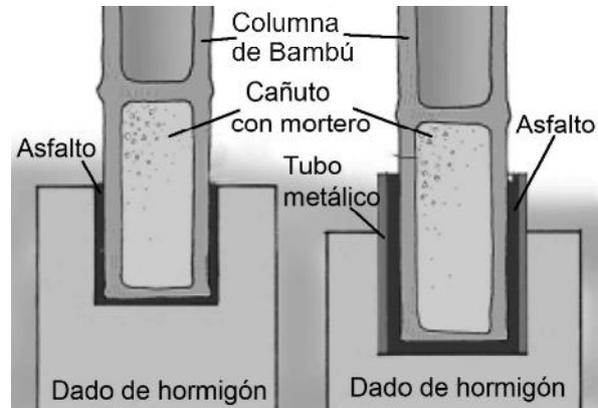


Fig. 7.2. Protección de las columnas.

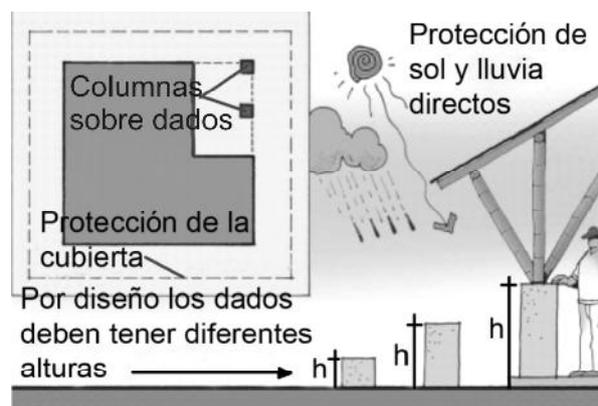


Fig. 7.3. Protección del bambú de la lluvia y el sol.

Recordemos que el bambú trabaja muy bien a flexo-compresión y a tracción, en este último el problema es cómo sujetarla eficientemente, a la vez que su trabajo es muy negativo a flexión y al aplastamiento perpendicular a su longitud; por consiguiente, las estructuras de bambú deben calcularse como barras articuladas en las uniones, con anclajes adecuados y evitar la triangulación demasiado rígida, puesto que nunca se podría considerar la unión como empotramiento.

No es recomendable el uso de puntillas en las uniones, al clavar se provocan rajaduras en dirección de sus fibras. Resulta beneficioso el uso de taladros para hacer las perforaciones, uniéndose posteriormente las piezas con tornillos, arandelas y tuercas. Los cortes en el empate serán los adecuados para unir cilindros, es muy

usado el llamado "boca de pescado". Después de transcurridos los primeros seis meses de la construcción, podemos apretar nuevamente las tuercas.

El desarrollo actual del sistema se basa en el uso de tornillos de 3/8" con sus respectivas tuercas y arandelas, y el uso de platinas de 7/8" x 1/8" y abrazaderas, todas ellas atornilladas y como la caña de bambú trabaja mal al aplastamiento en los apoyos o cruces entre estas, ello se supe rellenando los cañutos con mortero de cemento y arena 1:3 ó 1:4.



Fig. 7.4. Unión a boca de pez mediante zunchos.

Como acabado final y protección contra los rayos ultravioleta del sol que la decoloran y la dañan, y como repelente de insectos, una aplicación a base de aceite de linaza con trementina o betún. No utilice esmaltes, estos no le dejan respirar.

## 7.5. Ventajas y desventajas

A continuación daremos una relación de las ventajas y desventajas que supone la utilización del bambú como material de construcción.

### Ventajas

1. El bambú está dotado de extraordinarias características físicas que permiten su empleo en todo tipo de miembros estructurales.
2. Su forma circular y su sección hueca lo hace un material liviano, fácil de transportar y de almacenar, lo que permite la construcción rápida de estructuras temporales o permanentes.

3. En cada uno de los nudos del bambú hay un tabique o pared transversal que, además de hacerlo más rígido y elástico, evita su ruptura al curvarse; por esta característica es un material apropiado para construcciones antisísmicas.
4. La constitución de las fibras de las paredes del bambú permite que pueda ser cortado transversal o longitudinalmente en piezas de dimensiones deseadas, empleando herramientas manuales sencillas como el machete.
5. La superficie natural del bambú es lisa, limpia, de color atractivo y no requiere ser pintada, raspada o pulida.
6. Los bambúes no tienen corteza o partes que puedan considerarse como desperdicio
7. Además de usarse como elemento estructural el bambú puede usarse para otras funciones en la construcción. Tales como tuberías para el transporte de agua y en pequeñas secciones para drenaje.
8. El bambú puede emplearse en combinación con todo tipo de materiales de construcción como elementos de refuerzo.
9. Del bambú pueden obtenerse diversos materiales para enchapes tales como esterres, paneles contrachapados, etcétera.
10. Es el material de construcción posiblemente de más bajo precio.

### Desventajas

1. El bambú en contacto permanente con la humedad del suelo presenta pudrición y aumenta el ataque de termitas y otros insectos; por ello no deben utilizarse como cimiento por enterramiento a menos que se trate previamente.
2. Una vez cortado es atacado por insectos como *Dinoderus minutus*, que construye grandes galerías en su pared debilitándolo. Por ello, después de cortado, debe someterse inmediatamente a tratamientos de curado y secado.
3. Es un material altamente combustible cuando está seco; por ello debe recubrirse con una sustancia o material a prueba de fuego.
4. Cuando envejece pierde su resistencia si no se trata apropiadamente.
5. No tiene diámetro igual en toda su longitud, tampoco es constante el espesor de la

pared, por lo que algunas veces presentan dificultades en la construcción.

6. Al secarse se contrae y se reduce su diámetro; esto tiene implicaciones negativas en la construcción.
7. Las uniones de miembros estructurales no pueden hacerse a base de empalmes como en la madera, lo que implica dificultades como material de construcción.
8. Por su tendencia a rajarse, no debe clavar-se con puntillas o clavos que generalmente se emplean en la madera.

## Bibliografía

ARISTIZÁBAL PARRA, VIRGINIA: *Guía para autoconstrucción utilizando la guadua como elemento principal*, 3ra Ed. Pereira Colombia: GTZ, Cooperación Alemana al Desarrollo, 2000.

*Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado*. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica –AIS–.

MORÁN UBIDIA, JORGE A.: *Preservación del bambú en América, mediante métodos tradicionales*, INBAR, Red Internacional del Bambú y Ratán.

MORÁN UBIDIA, JORGE A. y RONALD POPPENS: *Manual de Construcción: Vivir con Guadua*, INBAR, Red Internacional del Bambú y Ratán, Quito, 2006.

STOTHERT, K. E.: *Cultura Las Vegas. La Prehistoria Temprana de la Península de Santa Elena*, Guayaquil, Ecuador, 1998.

Entrevistas a:

Dr. C. Ing. Cristóbal Ríos. Facultad de Ciencias Agropecuarias – UCLV.

Ms.C. Ing. Pedro A. Seijo Pérez. FC – UCLV.

## TEMA 8. UNIONES

Uno de los problemas de la madera como material de construcción es conseguir la transmisión de esfuerzos en los nudos, o sea, cuando se tiene que aumentar la pieza en su eje o en otros, o conectarse con otras piezas.

Antiguamente existían diferentes soluciones para la unión de los elementos de madera, el ingenio del hombre siempre fue sorprendente; hoy, superadas con el desarrollo de tecnologías eficientes que agilizan el trabajo y alcanzan altos valores de resistencia mecánica en los nudos o encuentros. Este tema está dedicado al estudio de las uniones, por ser un pilar clave dentro de las construcciones con madera.

### 8.1. La unión según los esfuerzos y la forma de trabajo del elemento

Las maderas escogidas para realizar un determinado trabajo no siempre tienen la longitud, ancho y espesor requeridos. En algunas construcciones de madera es necesario unir dos o más piezas mediante clavos, tornillos, cola, etc.; o bien realizar vaciados que originan cajas o mortajas en unas piezas, y espigas, mechas o espigones en otras. El trazado y ejecución de estas uniones es cosa delicada y requiere de gran precisión. Puede afirmarse que gran parte del éxito o fracaso en la carpintería y ebanistería estriba en la exactitud de estas operaciones. En cada unión se tendrán presentes los esfuerzos que va a soportar, ya sean a tracción, compresión, flexión, torsión o mixtos, procurando que las uniones no sean puntos débiles y garanticen un resultado apropiado y confiable. Un ajuste holgado dará una unión débil, así como una unión demasiado apretada

resquebrajará la madera provocando la pérdida de su resistencia mecánica.

Las uniones de madera se pueden dividir en antiguas y modernas, independientemente a ello, las clasificaremos en tres grupos fundamentales:

*Ensamble*: unión de dos o más piezas rectas y/o curvas, formando ángulos entre ellas, de manera que se corten los ejes de cada una. Aparecen en esquinas, encuentros y cruces de elementos de madera.

*Empalme o injertos*: unión de dos piezas por sus extremos (testas), en el sentido de su prolongación, haciendo coincidir sus ejes. Suele hacerse para obtener maderos de larga dimensión.

*Acoplamiento o juntas*: unión de piezas paralelas entre sí, por sus caras o cantos, de modo que ajusten exactamente. Se utiliza fundamentalmente para lograr secciones mayores.

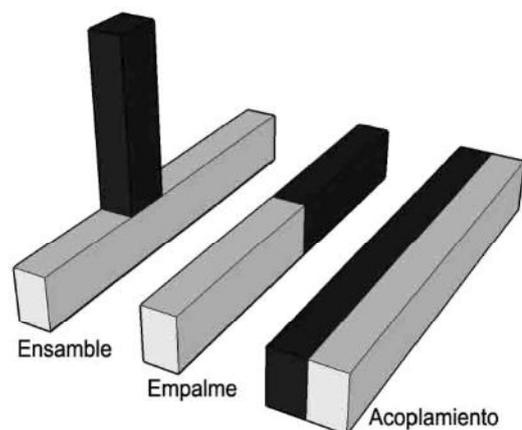


Fig. 8.1. Clasificación de las uniones.

Para unir las piezas de madera se hacen cortes especiales en ellas, que a veces se refuerzan con pernos o conectores. Como las propiedades resistentes de la madera son diferentes según la dirección de las fuerzas con respecto a la dirección de las fibras, anisotropía, no es extraño que dicho fenómeno se manifieste en los puntos de unión, por cuanto el diseño de las uniones debe ser cuidadoso, además son los puntos más vulnerables en lo que a durabilidad de la construcción se refiere.

Es necesario el análisis de una serie de factores si deseamos, por ejemplo, reducir los esfuerzos, optimizar la unión o rebajar los costos. En el primero de los casos entran al estudio los ejes coplanarios y concurrentes en un punto, así como la unión acorde con las solicitaciones

y la premisa de diseño de obtener un conjunto invariable, indeformable. Para lograr la optimización de la unión es imprescindible evaluar los esfuerzos en dirección de las fibras, recordemos que es en este sentido donde la madera da mejores respuestas a los diferentes empujes; es aconsejable seccionar las piezas lo menos posible. Este último es útil además en la rebaja de los costos, unido a la realización de cortes económicos, con un trazado simple de planos de corte según ángulos amplios, que logren además resolver la estructura con características mecánicas iguales a cada lado.

## 8.2. Uniones antiguas

“Los casi seiscientos ensambles en madera conocidos es el resultado de la suma de conocimientos y experiencias de generaciones de artesanos de la madera que durante siglos se han adaptado a las cambiantes necesidades que han encontrado en cada época, cultura y lugar específico”.<sup>1</sup> Las llamadas uniones antiguas son aquellas que hemos heredado de nuestros antepasados, donde predominaba el ingenio en el corte y la hábil unificación de las partes. Además de los elementos de madera a unir, intervenían colas, clavos o tornillos, que garantizaban mayor adherencia de los componentes.

### Ensamblés

Las distintas maneras de unir dos o más elementos en un conjunto de carpintería reciben el nombre de ensamble, también denominados ensamblajes o ensambladuras. Es así que en varias de las bibliografías consultadas se considera al empalme como una forma específica de ensamble. Para diferenciarlas entonces estableceremos la máxima de que el ensamble es la unión de elementos formando ángulos diferentes a 180°. Los clasificaremos de acuerdo con el ángulo de encuentro en rectos u oblicuos, y en razón del objetivo de formación en ensambles de cruce, de encuentro y de esquina o ángulo.

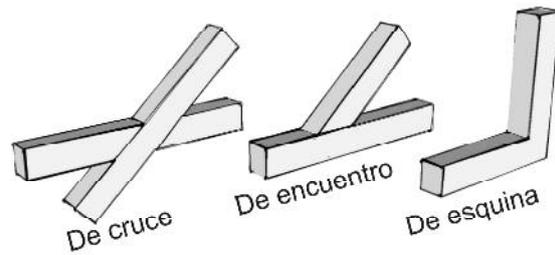


Fig. 8.2. Clasificación de los ensambles.

En cualquiera de los tres casos expuestos en la clasificación anterior, el ensamblaje se hace fundamentalmente a *media madera*, este resulta la manera más simple y práctica. Se basa en la unión de los dos elementos extrayendo en cada uno de ellos el lugar, en volumen, que ocupará el segundo, es costumbre que este encuentro sea en la mitad de la sección, de ahí que se nombre como media madera. El ensamble se realizará manualmente mediante sierras, serruchos y trinchas, todo el conjunto se sujetará con cola de pegar, clavos, tornillos, etcétera.

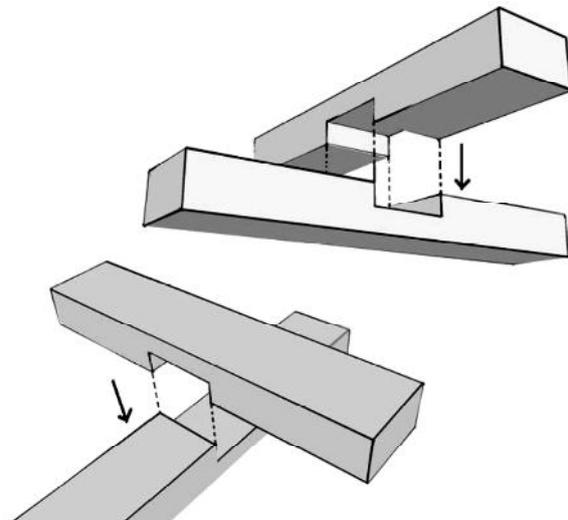


Fig. 8.3. Ensamble a media madera.

El llamado ensamble por madera superpuesta en realidad no cumple con la condición del ensamblaje mismo, ya que no es más que el simple contacto de una pieza con otra. Este solo se utilizará en casos donde la unión no esté expuesta a esfuerzos de consideración, por ejemplo, cuando las fuerzas que actúan son exteriores al plano de los ejes, puede ser el caso de una viga apoyada en otra.

<sup>1</sup> *Biblioteca Atrium de la Carpintería*, Tomo 2, “El manipulado”, Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993, p. 61.

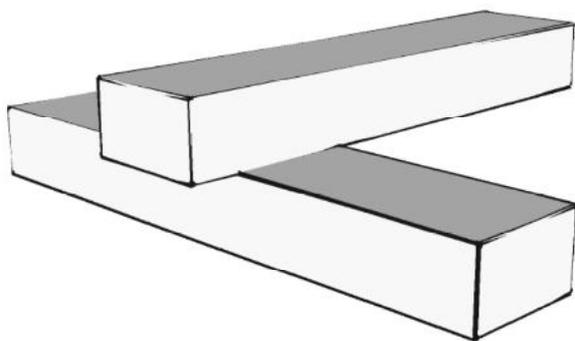


Fig. 8.4. Ensamble a madera superpuesta.

Este modo tiene además el inconveniente de proporcionar un desnivel en la estructura, quedando una pieza siempre más alta que la otra. Para evitarlo es recomendable el empleo de la unión a media madera citado anteriormente.

#### *Ensamblajes de cruce*

Como su nombre lo indica, este ensamble se produce con el cruce o intersección de dos o más elementos en un punto, un ejemplo clásico de ensamble de cruce son los arriostramientos. De acuerdo con la forma de trabajo de sus componentes se nos pueden presentar de diferentes maneras.

Los casos más sencillos son por ejemplo: el cruce de dos piezas trabajando a tracción, se aprecia en las riostras colocadas en el plano de los tirantes en cubiertas a dos aguas. En cambio, cuando arriostramos en cruz de San Andrés un entramado vertical o muro de madera, las dos piezas que se cruzan trabajan a compresión. Pueden además trabajar a compresión una y tracción otra, en el mismo caso anterior si el muro presenta un empuje lateral.

Cuando se diseñe la unión es conveniente dar más sección a la pieza que trabaje a tracción, ya que a compresión se supone siempre que trabaje la sección total.

Las piezas que se cruzan también pueden estar sometidas a esfuerzos combinados de flexión. Por ejemplo, una pieza esté solicitada por fuerzas normales a su eje (flexión) y otra trabaje a compresión según el eje, esto se manifiesta con una viga pasante apoyada en pilar. Otro caso viene dado con una pieza solicitada por fuerzas normales y la otra por esfuerzos a tracción según su eje, este ejemplo lo ilustra una viga pasante colgada. También puede pasar que las dos piezas estén solicitadas a esfuerzos normales a su eje o, lo que es lo mismo, a flexión, se observa en un pórtico

con la unión viga y columna, o principalmente en el caso de una viga apoyada en otra viga, la unión será a media madera, con el corte en la parte superior de la viga que sirve de apoyo. Si el corte se hiciera con la mitad de la altura, la resistencia se vería reducida a la cuarta parte. El corte puede variarse dependiendo de las solicitaciones, de forma que la viga que trabaja más tenga mayor sección.

#### *Ensamblajes de encuentro*

Se dan los mismos supuestos que en los ensambles en cruce. Pieza pasante trabajando a tracción, compresión o flexión, y pieza que llega trabajando a compresión, como ejemplos reales en las estructuras se pueden citar el encuentro entre par y tornapunta, y el de tirante con tornapunta, ambos de una cercha de cubierta. Otro caso sería el apoyo de una columna sobre una viga. Como ya se explicó, mediante el ensamble a media madera se pueden resolver casi todos los nudos. En estos casos, además de ello, si el encuentro es formando ángulos rectos, se podría utilizar el ensamble a caja y espiga o derivados.

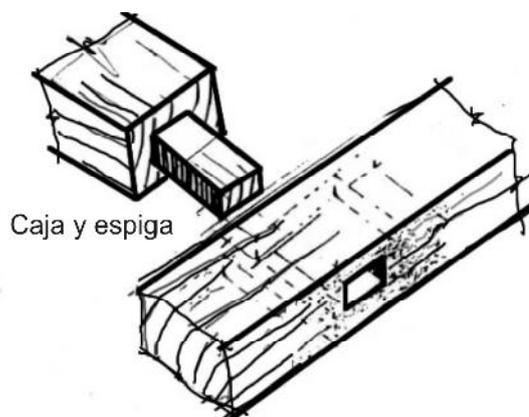


Fig. 8.5. Ensamblajes recto a caja y espiga.

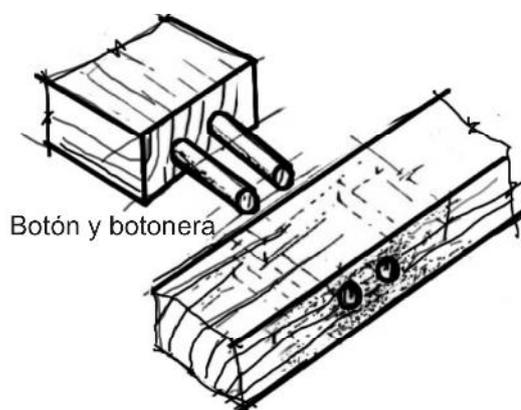


Fig. 8.6. Ensamblajes recto a botón y botonera.

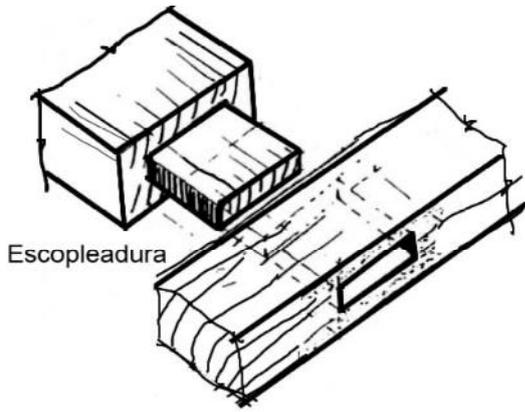


Fig. 8.7. Ensamblajes recto a escopleadura.

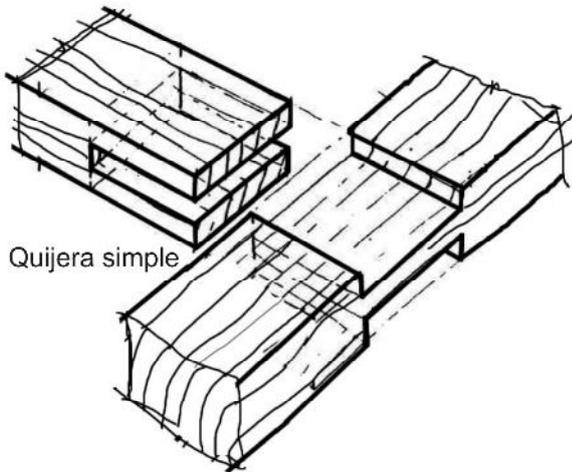


Fig. 8.8. Ensamblajes recto a quijera simple.

Si el ángulo no fuera recto, como el encuentro entre tirante y tornapunta, el de par y montante o el del jabalcón, tanto con viga como pilar, la unión se realizará a espera simple, doble o retrasada.

La figura 8.9 representa el encuentro a simple espera. En este, la sección  $a-b$  está trabajando a compresión, la  $s-b$  a tracción y la  $c-b$  a cizallamiento.

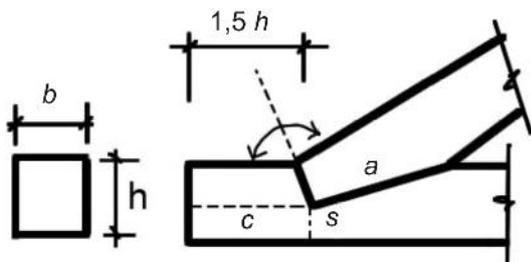


Fig. 8.9. Ensamble de espera simple.

Dependiendo del ángulo que forman las piezas, puede ser interesante la doble espera. La espera retrasada se emplea cuando queremos ampliar la posible longitud de  $c$ . Para evitar que la unión se deshaga pueden colocarse pasadores, es permitido para cualquiera de los casos citados.

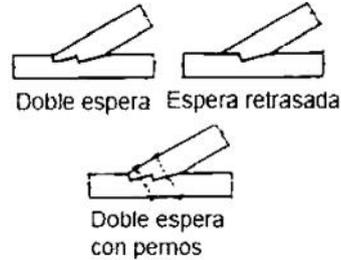


Fig. 8.10. Tipos de espera.

Para uniones que estén sujetas a esfuerzos de tracción, es decir, si la pieza que llega está trabajando a tracción, normalmente se emplea la cola de milano a media madera debido a sus excelentes condiciones técnicas que le aportan resistencia y solidez a la unión. Estos casos son los de la unión tirantilla y tirante, péndola y tirante, péndola y par, tirante y viga, entre otros. Su forma trapecial impide que se deslice la unión y su separación es prácticamente imposible por efectos del trabajo a tracción, siendo, asimismo, correcto su comportamiento ante esfuerzos de compresión.

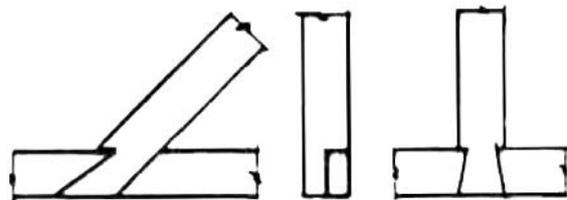


Fig. 8.11. Unión de cola de milano.

Cuando la pieza que llega trabaja a flexión, como es el caso de una viga apoyada sobre un pilar que pasa, la unión puede hacerse con caja y espiga, a quijera pudiéndose asegurar con perno, o a espera si el encuentro es doble, es decir, si al punto van dos vigas, de manera que entre ellas contrarresten los empujes horizontales.

En el caso anterior el encuentro más sencillo por su simetría es el de simple espera y el que mejor trabaja es el de quijera simple con perno, pues posee una mayor sección de apoyo y, por tanto, mayor resistencia al cortante. No es normal que la viga y el pilar sean continuos a la vez, sino que una de las dos piezas en-

cuentre a la otra, de cualquier manera podría resolverse a media madera o combinando.

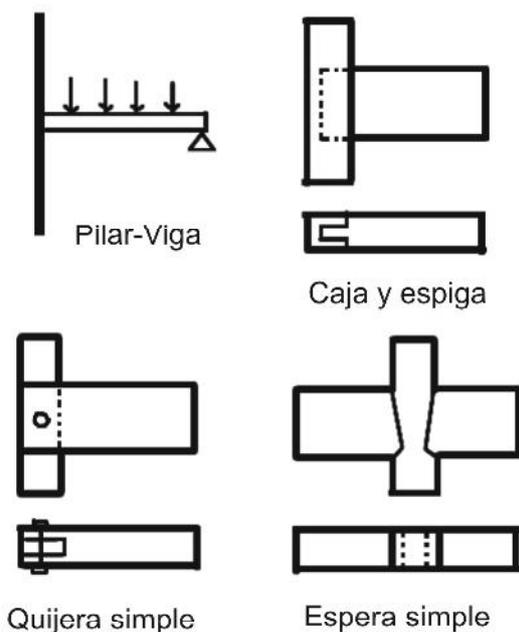


Fig. 8.12. Posibles ensamble de encuentro entre columna y viga.

## Empalmes

Los empalmes tienen por objeto unir piezas en prolongación una de otras, para aumentar su longitud, por tanto, haciendo coincidir los ejes longitudinales de cada elemento.

Según los esfuerzos a que estén sometidas las piezas distinguiremos tres casos:

- Piezas sometidas a tracción.
- Piezas sometidas a compresión.
- Piezas trabajando a flexión.

### Piezas trabajando a tracción

La figura 8.13 muestra el empalme en *diente de perro*. La sección  $s-b$  trabaja a tracción compuesta, pues la carga está descentrada, la sección  $a-b$  trabaja a aplastamiento y la  $c-b$  a cortadura; las dimensiones de  $a$ ,  $c$  y  $s$  vendrán dadas por el cálculo. Las proporciones recomendadas son las de las ilustradas en la misma figura inciso b).

Las tenciones admisibles en la unión se pueden calcular siguiendo las fórmulas:

$$\text{A tracción compuesta: } \sigma_{adm} = F / s \times b$$

$$\text{A aplastamiento: } \sigma_{adm} = F / a \times b$$

$$\text{A cortante: } \sigma_{adm} = F / c \times b$$

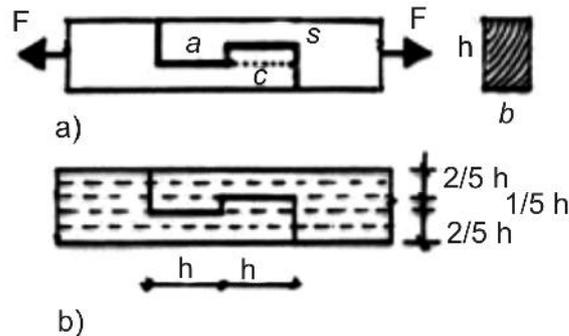


Fig. 8.13. Empalme a diente de perro, proporciones recomendadas.

Este empalme a diente de perro se deforma debido a la flexión que acompaña a la tracción. Se evita generalmente poniendo pasadores en la unión.

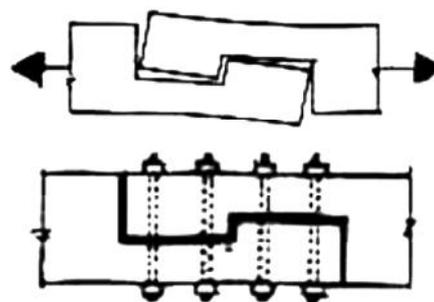


Fig. 8.14. Deformación del empalme, fijación con pernos.

Haciendo el diente de perro oblicuo se obtiene que el empalme en *rayo de Júpiter* es más robusto que el anterior y necesita pernos. Para que el ajuste sea mejor se ponen cuñas.

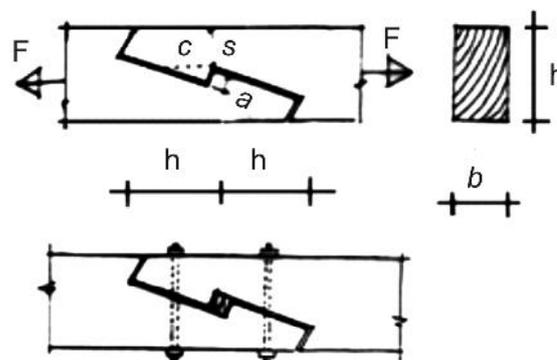


Fig. 8.15. Empalme a rayo de Júpiter.

Las tenciones admisibles en esta unión se ven afectadas por la aparición del ángulo en que se realiza el empalme:

$$\text{A tracción: } \sigma_{adm} = F / s \times b$$

$$\text{A aplastamiento: } \sigma_{adm} = F \cos \alpha / a \times b$$

$$\text{A cortante: } \sigma_{adm} = F \sin \alpha / c \times b$$

La construcción más sencilla del rayo de Júpiter es dividir la altura  $h$  en cuatro partes iguales y desde el centro de la unión tomar  $A$  y  $B$  a distancia  $h$ . Se trazan las rectas  $BC$  y  $AD$  que forman un ángulo de  $60^\circ$  con  $AB$  y por  $A$  y  $B$  las rectas paralelas que abarcan, en el centro de la unión, una distancia  $EF$  o  $GH$  igual a la necesaria para absorber la compresión. Si las piezas son de mayor altura se hace el doble rayo de Júpiter (del inciso b).

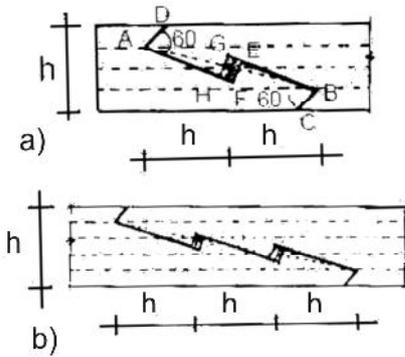


Fig. 8.16. Diseño del rayo de Júpiter.

Otras soluciones de empalmes a tracción son las que utilizan cubrejuntas de madera con pernos, pudiendo auxiliarse con tacos.

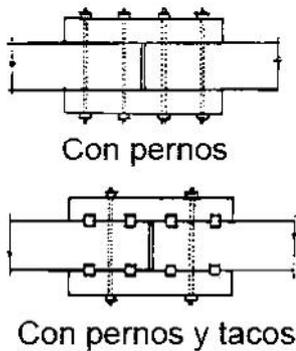


Fig. 8.17. Empalmes a tracción mediante pernos y tacos.

*Piezas trabajando a compresión*

Realizar el empalme de piezas trabajando a compresión es tarea menos riesgosa que cuando el elemento está sometido a tracción o flexión. No obstante, se necesitan soluciones que impidan el posible deslizamiento de los elementos.

La solución más empleada en este caso es la media madera, por la facilidad de su ejecución, cualquiera de los ejemplos anteriores demandan una mano de obra exquisita. Como se ha referido, es preocupación el posible desplazamiento de los elementos comprimidos; por esa razón es conveniente el empleo de clavos o pernos para asegurar la continuidad de la pieza.

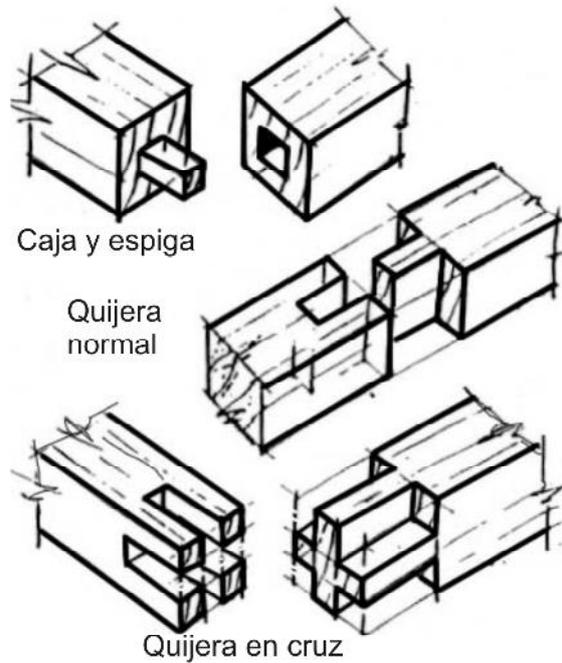


Fig. 8.18. Empalmes para el trabajo a compresión.

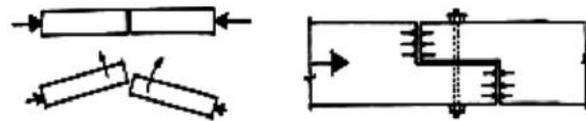


Fig. 8.19. Empalme a media madera con perno.

*Piezas trabajando a flexión*

Los elementos que trabajan a flexión (vigas) suelen tener longitudes cuyas medidas están dentro de los límites comerciales. Por otra parte, no es constructivo hacer empalmes en piezas que trabajen a flexión y, en caso de ser imprescindible, se realizan en puntos de momento nulo o muy pequeño; desarrollándose principalmente a media madera o con doble espera, ambos asegurándose con pletina y pernos.

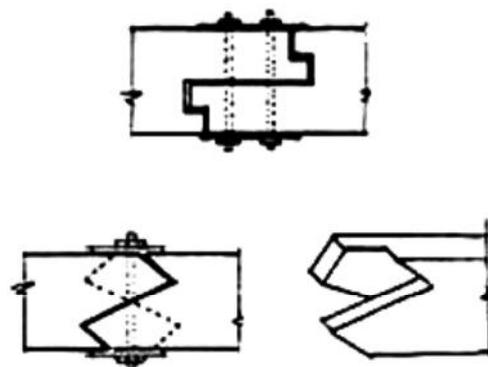


Fig. 8.20. Empalme a media madera y doble espera.

## Acoplamientos

Tienen por objeto aumentar la sección de la pieza en los casos de flexión y en los de compresión con pandeo.

### Caso de flexión

El acoplamiento se hace de forma que la sección aumente su altura con lo que su módulo resistente aumenta cuatro veces en el primer caso. Si el acoplamiento se hiciera según el segundo, su módulo solamente aumentaría dos veces.

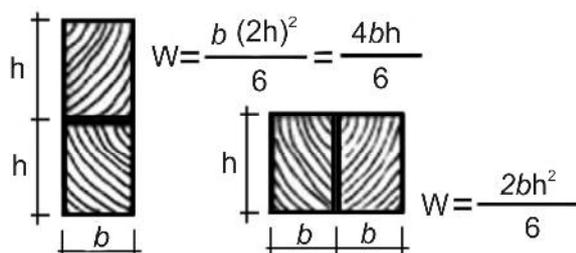


Fig. 8.21. Dos casos de dimensionamiento para acoplamientos.

En cualquier caso, para que las dos piezas trabajen conjuntamente y no se deslice una sobre la otra, se añadirán elementos especiales en la unión. Juntas a base de pernos, tacos o con redientes, aunque se pierde parte de ambas secciones en esta última, también con endentados semejantes a los rayos de Júpiter.

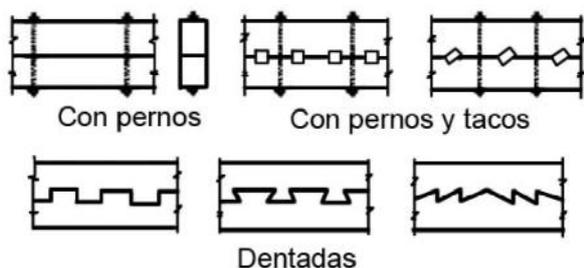


Fig. 2.22. Formas de evitar el deslizamiento.

### Caso de compresión

Solo es necesario el acoplamiento cuando existe peligro de pandeo. Para evitarlo se deben unir las piezas a determinadas distancias (S) para que no se produzca el pandeo de la pieza considerada aisladamente.

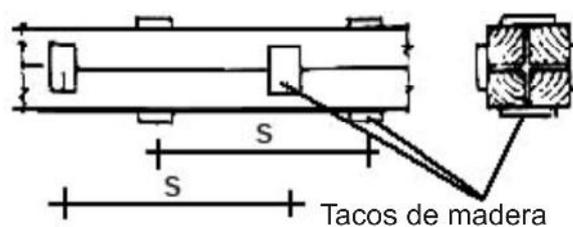


Fig. 8.23. Acoplamiento para evitar el pandeo en elementos comprimidos.

## 8.3. Uniones modernas

Este tipo de uniones está estrechamente ligado al desarrollo de nuevas tecnologías constructivas con maderas artificiales, como pueden ser los tableros contractapados, los tableros de fibras, los aglomerados y, por supuesto, el más importante de ellos como material estructural, la madera laminada encolada. La adherencia de las piezas se logra fundamentalmente con el uso de elementos como clavos, tornillos y láminas metálicas que antes se consideraban auxiliares y ahora llegan a convertirse en el protagonista de la unión; también son conocidas normalmente como *uniones por puntos*. La tendencia actual en la utilización de estructuras de madera tiene dos variantes: una, la construcción de pequeños edificios (viviendas unifamiliares), con sistema de estructura entramada, de piezas pequeñas y poco solicitadas, y otra, la construcción de grandes pabellones (auditorios, recintos deportivos, etc.) con empleo de elementos estructurales laminados encolados. Los nudos tienden a simplificarse, así como los elementos de unión. Relacionaremos a continuación algunas de las prácticas actuales en cuanto a uniones por puntos o modernas se refiere.

### Uniones mediante clavos

Los clavos permiten reforzar las uniones, pudiendo atravesar una pieza y parte de otra, o bien todas y la parte que sobresale (al menos tres veces el diámetro) se dobla y remacha haciendo más fuerte la unión. Como principios generales para su ejecución se deben considerar:

- Se colocarán contrapeados para evitar que la madera se abra si están todos en la misma fibra.
- Emplear clavos más finos mientras más fina sea la madera.

- No clavar normalmente sino con una ligera inclinación para evitar que vaya perdiendo presión la junta.

Estos elementos de unión son normalmente de acero liso con puntas de diferente clase; también pueden tener resaltes en la superficie, lo que permite alcanzar, con la misma sección, una carga admisible superior en 40 % aproximadamente.

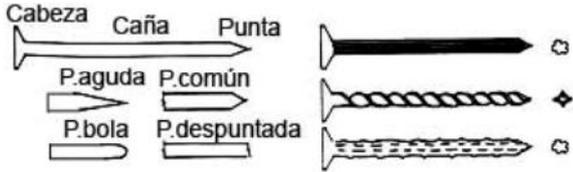


Fig. 8.24. Tipos de clavos.

**Penetración**

Como penetración mínima  $S_{min}$  del clavo en la última pieza se adoptan los valores de 1,5 e en los cizallamientos simples y dobles, lo que es lo mismo, disponer a simple cubrejuntas o a doble cubrejuntas.

En otros casos donde se representan también el cizallamiento simple y doble o cubrejuntas simples y dobles, la penetración del clavo podrá ser del tipo 0,8 e. En el cizallamiento simétrico de la figura 8.25 se puede rebajar a 0,8 e.

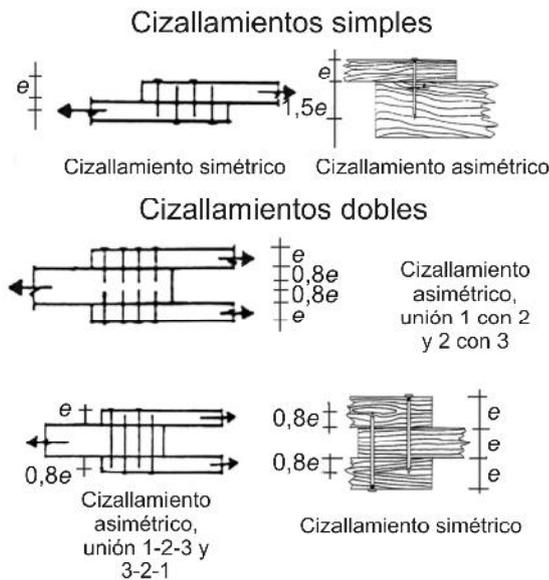


Fig. 8.25. Clasificación de cizallamiento.

Igual que en las uniones con pernos, la resistencia de una unión con clavos dependerá de la dureza de la madera (posible aplastamiento) y de la resistencia a flexión del clavo.

Cargas admisibles		
Largo y diámetro	Simple cizallamiento	Doble cizallamiento
60 – 6 mm	35 kg	60 kg
100 – 20 mm	70 kg	140 kg
180 – 25 mm	180 kg	300 kg

**Diámetro**

El diámetro “Ø” del clavo se predimensiona en función del espesor e de la pieza más delgada que, en general, es la que lo recibe, de acuerdo con los valores de la tabla siguiente:

Diámetro del clavo		
Espesor	e ≤ 30 mm	e > 30 mm
M. blandas	$\text{Ø} \leq e/7$	$\text{Ø} \leq e/9$
M. duras	$\text{Ø} \leq e/9$	$\text{Ø} \leq e/11$

Una regla práctica más conservadora predimensiona el diámetro “Ø” del clavo de acuerdo con la expresión siguiente:

$$\text{Ø} \leq e / 10$$

Es decir, que el diámetro “Ø” del clavo en milímetros debe ser menor o igual que el espesor e de la pieza en centímetros.

**Pretaladrado**

Para evitar las fendas en las maderas duras, de densidad superior a 500 kg/m<sup>3</sup>, el clavo se aloja en taladros previamente realizados de diámetro  $\text{Ø}_t = 0,8 \text{Ø}_c$ .

Aunque para puntas con  $\text{Ø} > 6 \text{ mm}$  son preferibles los pretaladros de diámetros  $\text{Ø}_t = \text{Ø}_c - 2 \text{ mm}$ .

**Separaciones**

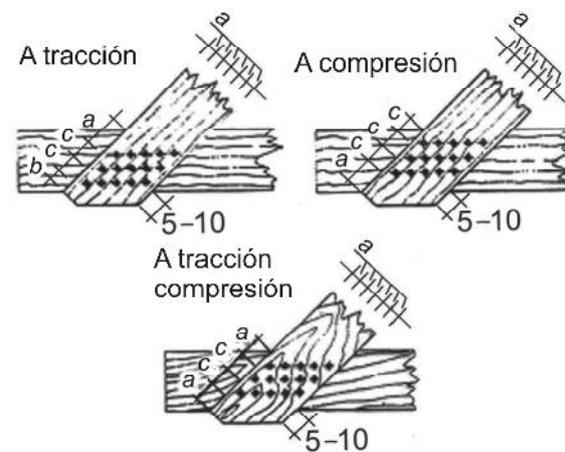


Fig. 8.26. Separaciones entre clavo y de ellos a los vértices.

El número mínimo de clavos a utilizar en la unión de dos o más elementos es 4, en todos los casos existen una serie de normas que regulan el espaciamiento entre ellos. Las separaciones mínimas entre clavos y de estos a los bordes de la pieza son (fig. 8.26):

- En dirección del esfuerzo
  - $a = 12 \varnothing$  del borde cargado
  - $b = 5 \varnothing$  del borde no cargado
  - $c = 10 \varnothing$  entre clavos
- Perpendicularmente al esfuerzo
  - $a = 5 \varnothing$  entre bordes y clavos

#### Dimensionamiento mediante esfuerzos rasantes

La carga admisible por cada clavo depende del tipo de cizallamiento, del diámetro del clavo y del espesor de la pieza más delgada, por tanto, siendo:

$\varnothing$  = diámetro del clavo en milímetros

$e$  = espesor de la pieza en centímetros

Los valores de las cargas "F" admisibles por clavo en kg son las referidas en la figura 8.27.

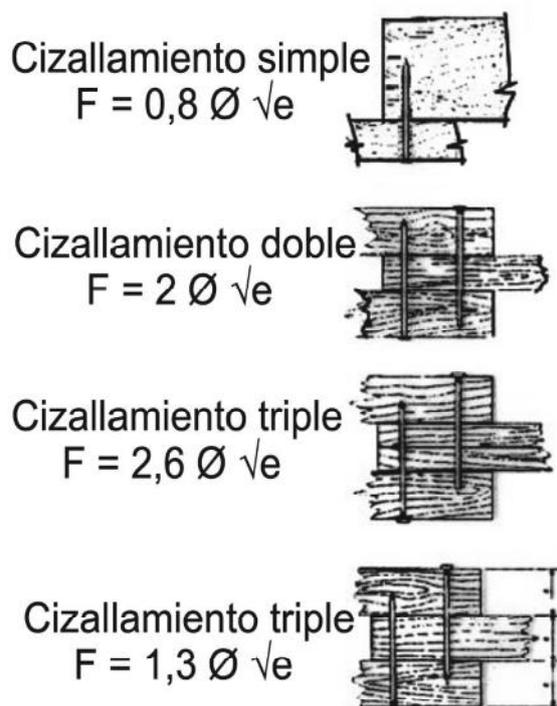


Fig. 8.27. Separaciones entre clavo y de ellos a los vértices.

En función del número  $n$  de clavos por cara, los valores anteriores se reducen en 10 % si  $10 \leq n < 20$ , y en 20 % si  $n > 20$ .

Para contenidos de humedad superior al 17 % se rebajan en 25 %.

#### Dimensionamiento frente a esfuerzos de tracción

Frente a esfuerzos de tracción no se deben colocar clavos de superficie lisa, sino los de adherencia mejorada. Deben disponer de resaltes en la superficie, diseñados de forma tal que, con la misma sección del clavo liso convencional, alcanzan una carga admisible superior al 40 %. En cuanto a criterios de diseño son valiosos los recomendados anteriormente. Únicamente recordar que la penetración mínima en estos casos es:

$$S_{\min} = 6 \varnothing$$

En estas condiciones, la carga admisible a tracción "F", en kg, por cada clavo de diámetro  $\varnothing$ , en milímetros, y con penetración "S", en centímetros, es:

$$F = 18 S \varnothing$$

#### Uniones mediante tirafondos

Los tirafondos, también denominados tornillos para madera, tienen como misión la de mantener en posición a otros elementos de conexión, así como la de fijar herrajes de cuelgue o para el anclaje de otras piezas. Sin embargo, son más caros que los clavos y necesitan de mayor mano de obra. Es un medio de unión que ofrece mayor garantía. Los tirafondos constan de un fuste con una zona roscada en la punta o cuerda y un tramo liso o caña. Además de la cabeza, un segmento esférico se presenta con otras como las representadas en la figura 8.28.



Fig. 8.28. Tipos de tirafondos.

Gracias a esa zona roscada son de elevada resistencia a tracción, para lo cual deben entrar atornillados y nunca clavados, en un pretaladro cuyas dimensiones se comentarán posteriormente.

*Uniones a cizallamiento simple*

Los tirafondos pueden emplearse en una unión frente a cizallamiento de piezas de madera, así como de piezas de madera y placa metálica.

Aquellos tirafondos cuyo diámetro sea superior a 5 mm deben ir alojados en pretaladros que deben adaptarse a los criterios siguientes:

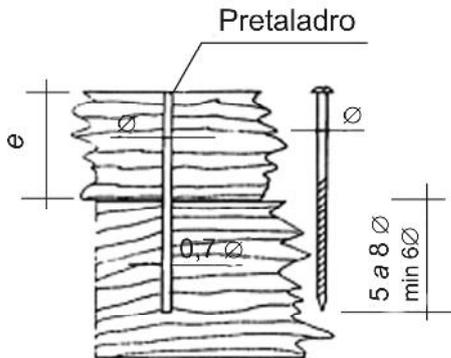


Fig. 8.29. Criterios de diseño para el pretaladrado.

- El agujero de alojamiento de la caña debe tener el mismo diámetro que el de la misma caña.
- El orificio donde se aloja la cuerda no debe tener un diámetro superior al 70 % del diámetro de tirafondo.
- Se recomienda el uso de arandelas.
- La longitud efectiva de la unión o penetración del tirafondo en la última pieza será, al menos, de ocho veces el diámetro del tirafondo, no puede tenerse en cuenta ningún esfuerzo de cizallamiento.

*Dimensionamiento*

Siendo:

$\varnothing$  = diámetro del tirafondo (mm)

e = espesor de la pieza más delgada (cm)

S = longitud efectiva (cm)

Los valores de la carga "F" admisible en kg son los siguientes:

Unión madera-madera,

$$F = 40 e \varnothing$$

Unión madera-placa metálica,

$$F = 80 \varnothing \sqrt{S}$$

Para los valores de la longitud efectiva "S" comprendida en  $4\varnothing$  y  $8\varnothing$ , el cálculo de la carga admisible se hará interpolando linealmente entre  $F = 0$  para  $S = 4\varnothing$  y el valor de "F" para  $S = 8\varnothing \leq 7,5$  cm.

Los valores de las cargas admisibles han de reducirse en función del ángulo "α" existente entre la dirección del esfuerzo y las fibras de la madera y el número n de tirafondos que se encuentren alineados. Siendo:

k = coeficiente de reducción de la carga admisible.

α = ángulo formado por el esfuerzo y las fibras de madera.

n = número de tirafondos colocados en la misma línea.

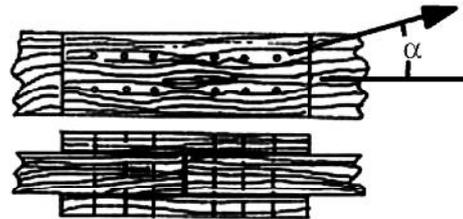


Fig. 8.30. Ángulo entre la fibra y el esfuerzo.

Los valores de coeficiente de reducción de la carga admisible en función del ángulo "α" son:

$$0^\circ < \alpha \leq 30^\circ, k = 1$$

$$30^\circ < \alpha \leq 60^\circ, k = 0,9$$

$$60^\circ < \alpha \leq 90^\circ, k = 0,8$$

Los valores del coeficiente "k" en función del número n de tirafondos que se encuentran alineados son:

$$4 < n \leq 8, k = 0,9$$

$$n > 8, k = 0,8$$

*Uniones a tracción*

Para piezas enlazadas con tirafondos frente a esfuerzos de tracción se deben respetar los mismos criterios que en el caso de esfuerzos de cizallamiento. La carga "F" admisible a tracción en kg es:

$$F = 30 S_r \times \varnothing$$

Siendo:

$\varnothing$  = diámetro del tirafondo

$S_r$  = longitud roscada que se atornilla en la madera

Ha de verificarse que el valor "F" no exceda en 210 veces el diámetro del tirafondo; es decir,  $F \leq 210 \varnothing$ .

En cuanto a la reducción de la carga admisible se aplican los mismos criterios que en el caso de cizallamiento.

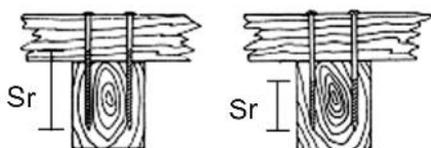


Fig. 8.31. Longitud roscada que se atornilla en la madera.

### Uniones mediante pernos

Los pernos son herrajes de forma cilíndrica, que atraviesan las piezas que unen y provocan el trabajo de estas a compresión. En un extremo llevan la cabeza generalmente hexagonal y en el otro van roscado con tuerca. Tienen arandelas en ambos lados para repartir mejor la presión de las tuercas.



Fig. 8.32. Uniones con perno.

El trabajo es similar al de los clavos y la única diferencia está en que el perno atraviesa totalmente las piezas a unir.

La unión con pernos debe respetar las condiciones siguientes:

- Diámetro  $d \geq e/6$
- Espesor más delgado  $e \geq b/2$
- Anchura mínima de pieza  $a \geq 6d$
- Separaciones mínimas, en el sentido de la anchura de la pieza  $a$ ,  $S_a \geq 3d$ ; perpendicular al anterior,  $S_p \geq 6d$ .

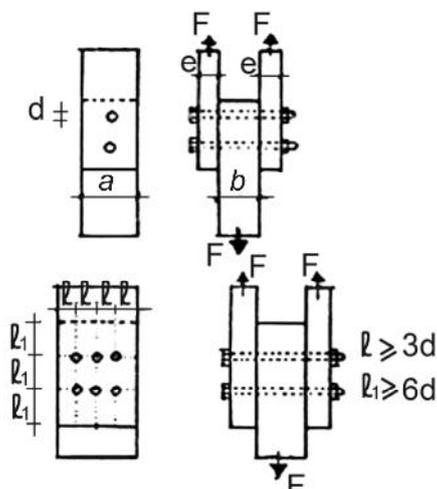


Fig. 8.33. Criterios de diseño.

### Uniones mediante clavijas

Las clavijas o cabillas son vástagos de madera, de sección circular o cuadrada, que se introducen a golpes en orificios practicados de antemano. Una vez introducidos, se les ensanchan las cabezas de los extremos con golpes de masa y, a continuación, se coloca en el centro un clavo pequeño que, al introducirse, abre las fibras de la clavija.

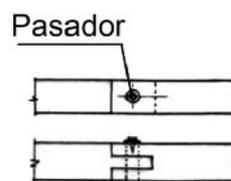


Fig. 8.34. Unión mediante clavijas.

### Uniones mediante pletinas

Las pletinas se utilizan también como elemento de sujeción de las piezas a unir. Son chapas de hierro de sección rectangular, que llevan taladros que permiten en paso de clavos, tornillos o pernos *a*. Estas pueden estar dobladas en ángulo recto, bien para apoyo, sin taladros en una cara *b* o para sujetar, *c* con taladros en las dos caras.

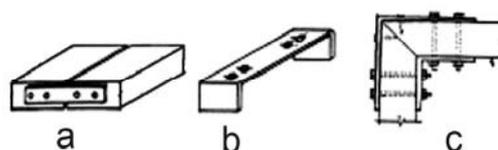


Fig. 8.35. Uniones con pletinas.

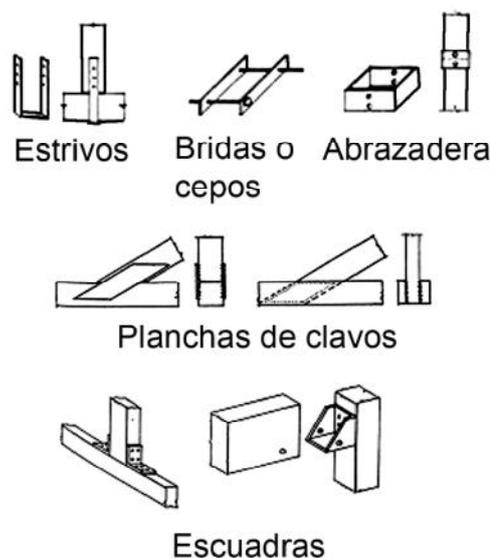


Fig. 8.36. Tipos de uniones con pletinas según sus características.

De acuerdo con sus características se clasifican en:

- *Estribos*: son pletinas en forma de "U" para anclar piezas sometidas a tracción.
- *Bridas o cepos*: consisten en dos pletinas unidas por pasadores o pernos. Se usan en apeos y andamios para acoplar piezas por tablas.
- *Abrazaderas*: piezas de hierro en cajón. Se colocan en caliente para que se aprieten al enfriar.
- *Planchas de clavos*: placas metálicas o de material sintético que se colocan a presión, pueden aparecer en una o varias caras de las secciones a unir, cumplen los criterios de diseño de uniones con clavos.
- *Escuadra*: pletina en forma de "L", que garantiza la unión a 90° de las piezas de madera.

### Uniones mediante conectores

Podemos clasificarlos en llaves macizas, llaves anulares y llaves de presión o placas dentadas.

#### Llaves macizas

Se necesita cajear las piezas para poder introducir las y pueden ser de varios tipos.

- Tacos macizos normalmente de una madera dura aunque pueden ser de otro material como el acero.
- Tacos Kubler que son llaves de doble tronco de cono.

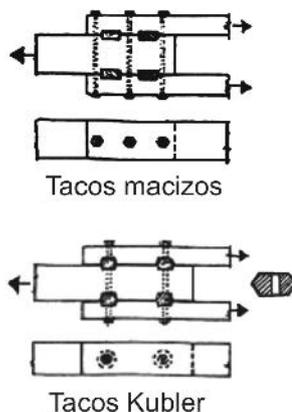


Fig. 8.37. Uniones de llaves macizas.

También se consideran como llaves macizas la Greim o disco de garras, llamadas así por los dientes en forma de cuñas de la periferia (fig. 8.39). Uno de los discos tiene un buje que encaja en el disco opuesto.

Se abre primero el alojamiento de los discos así como la ranura para el anillo de los dientes. El conjunto se asegura con pernos pasantes.

#### Llaves anulares

Son refuerzos metálicos en forma de anillo que se embuten en una ranura adecuada. El contacto se asegura con pernos. Los anillos pueden ser abiertos como los Tuchscherer y los Locher, o cerrados como los Appel.

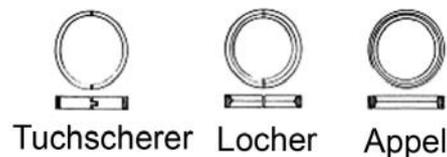


Fig. 8.38. Uniones de llaves anulares.

#### Llaves de presión

Placas metálicas generalmente circulares, con los bordes dentados, que se fijan a presión: placas Bulldog, placas Alligátor, placas Geka.

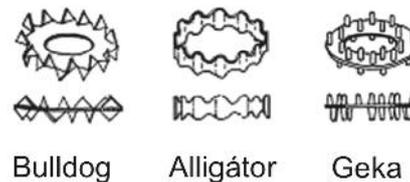


Fig. 8.39. Uniones de llaves a presión.

### Uniones mediante adhesivos

El encolado establece entre las piezas una continuidad comparable a la que existe entre las fibras de madera; requiere una cuidadosa ejecución y, por tanto, mano de obra muy especializada.

En la figura 8.40 vemos la sección de una viga formada por tablas de 2,4 cm de espesor, con las que conseguimos una altura de 1,20 m. Las tablas centrales del alma, al estar cerca de la fibra neutra, pueden ser de madera de peor calidad con el ahorro consiguiente.

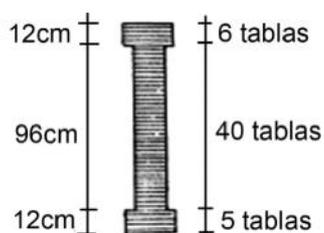


Fig. 8.40. Viga de 1,2 m acoplada mediante adhesivos.

Las colas resisten bien a los esfuerzos de deslizamiento pero no así los de tracción, por lo que no deben emplearse en empalmes trabajando a tracción. Si se tienen que hacer se debe realizar con doble corte en pico e intercalando piezas, o bien en junta de solapas o mejor en junta dentada.



Fig. 8.41. Juntas adecuadas para un buen comportamiento de estas uniones a tracción.

### Uniones mediante grapas

Las grapas se usan de forma similar a los clavos, ya que en esencia están compuestas de dos puntas o picas unidas entre sí. Efectivamente, constan de dos patas y de la corona que las une. Por tanto, se emplean en estructuras ligeras, en la unión de elementos de madera contrachapada al soporte y para la fijación entre el tablero y las piezas que recibe.

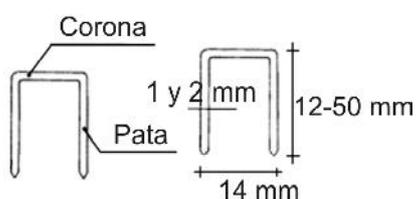


Fig. 8.42. Geometría y dimensiones de la grapa.

Se colocan mediante herramientas neumáticas (grapadoras), por lo que el rendimiento de colocación es más elevado que en los clavos. Sin embargo por esa razón, la gama de dimensiones es más reducida, oscilando entre los 12 y 50 mm de longitud con diámetros entre 1 y 2 mm.

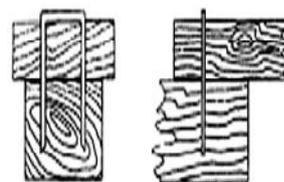


Fig. 8.43. Colocación de grapas.

El material componente desde aceros con distintos contenidos de carbono hasta aleaciones de cobre y níquel, pasando por acero inoxidable, aluminio o bronce.

Las grapas utilizadas en épocas pasadas, a las que le corresponde, no disponían de cabeza a fin de aumentar la rigidez del encuentro de los brazos, ya que se clavaban con el martillo.

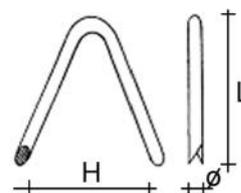


Fig. 8.44. Grapas antiguas.

Para este tipo de uniones rigen todos los criterios de diseño vistos en las uniones clavadas.

Además, se debe tener en cuenta que, a la hora del cálculo de la capacidad de carga lateral, una grapa es equivalente a dos clavos con el diámetro de la grapa, siempre que el ángulo entre la corona y la dirección de las fibras de la madera sea mayor de 30°. En caso contrario, la capacidad de carga lateral debe considerarse inferior en 30 %.



Fig. 8.45. Ángulos entre la corona de la grapa y las fibras de la madera.

### Bibliografía

- ACEVEDO CATA, J.: *Materiales de construcción*. Ediciones. La Habana, 1985, pp. 448-466.
- Biblioteca Atrium de la Carpintería*, Tomo 1, "Los materiales", Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.

- Biblioteca Atrium de la Carpintería*, Tomo 2, "El manipulado, Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.
- : Tomo 3, "Carpintería de armar y de taller", Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.
- : Tomo 4, "Oficios a fines", Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.
- : Tomo 5, "Nuevas aplicaciones", Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.
- Curso sobre la madera en la construcción*, (S.I.): FICYT: A.I.T.I.M., marzo, 1994.
- GUIGOU, C.: *La Madera*, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Las Palmas, Departamento de Construcción Arquitectónica, Gran Canaria, España.
- ISOBA, MAXIMILIANO: *Propuesta de norma cubana. Estructuras de madera aserrada y laminada encolada*, versión noviembre de 2002.
- MENÉNDEZ MENÉNDEZ, JOSÉ: "Construcciones de madera. El Material", *Revista Ingeniería Civil*, No. 4/84.
- PITA, SEVERINO: *La madera al servicio del arquitecto*, Editorial Contemporánea, Buenos Aires, 1949.
- ROBLES FERNÁNDEZ-VILLEGAS, FRANCISCO y RAMÓN ECHENIQUE MANRIQUE: *Estructuras de madera*, Ed. LIMUSA, México, 1991.
- SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, F.: "Introducción a las técnicas de construcción", Sección de Publicaciones Docentes de la Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, 1988.
- Tecnología de la madera*, Instituto del Libro, La Habana, 1968.
- Direcciones electrónicas:  
*gaetano@enet.cu*  
*madera@promocionescaribe.com*

## TEMA 9. PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

Es motivo de este tema el estudio de las estructuras que se constituyen básicamente de elementos de madera. Estas requieren de gran habilidad para realizar con efectividad sus uniones, ensambles, conexiones, de acuerdo con el tipo de madera que se utilice, así como la precisión necesaria para el montaje; generalmente sus partes se preparan en un taller para ser llevadas y armadas en obra.

El montaje es bastante rápido, cuando son estructuras de pequeño formato no requiere el empleo de equipos pesados y complejos, a diferencia del montaje de las inmensas estructuras de madera laminada encolada, donde sí se hace necesaria la colocación de algunas piezas con el empleo de equipos de izaje.

### 9.1. Entramados verticales

Una construcción de madera está formada también por una estructura vertical, llamada entramado vertical, que es la que sustituye a los muros macizos de obras de fábrica. Según la disposición de las piezas de madera, pueden ser:

- Entramados abiertos
- Entramados cerrados
- Entramados totales

#### Entramados abiertos

Formados por un conjunto de elementos verticales aislados y otros horizontales, en su conjunto denominados pórticos.

Los soportes (columnas o pilares) pueden estar constituidos por piezas de sección simple

formadas por un solo elemento de madera aserrada o laminada encolada, o bien piezas de sección compuesta integradas por dos o más elementos aislados y conectados a la vez mediante separadores de madera; la unión se hace por cualquiera de las soluciones estudiadas en el tema anterior.

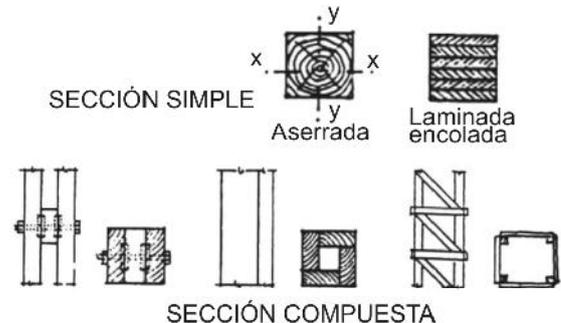


Fig. 9.1. Tipología de columnas o pilares.

Las secciones en cualquiera de los casos deben tender a ser cuadradas, de esa manera se garantiza igual resistencia al pandeo en sus cuatro caras.

El apoyo del soporte sobre el cimiento debe garantizar la protección de la madera, aislándola oportunamente de la humedad y, de esa manera, evitar el deterioro por acción capilar. Pueden colocarse sobre pedestales y lograr la unión a estos mediante diferentes formas, una de ellas puede ser unión tipo “botón y botonera”, que evita los desplazamientos laterales. La superficie de hormigón de soporte podría inclinarse para escurrir más eficientemente las aguas, evita la acumulación de la humedad y con ello la pudrición.

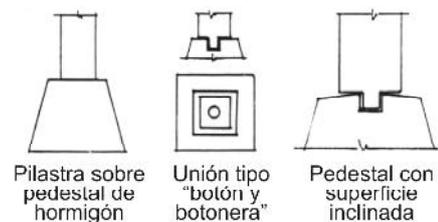


Fig. 9.2. Columna sobre pedestal de hormigón.

Las soluciones actuales están formadas a una base de láminas metálicas y pernos o tornillos que consolidan la unión, también son utilizadas las resinas sintéticas a los efectos. Estos elementos quedan fijados al volumen de hormigón, ya que durante el proceso de su fundición, se dejan anclajes que salen a la superficie, la precisión en cuanto a dimensiones y espaciamientos entre sí debe ser exacta, diferencias de milímetros pueden impedir la

colocación. Detallaremos algunos de los ejemplos más utilizados.

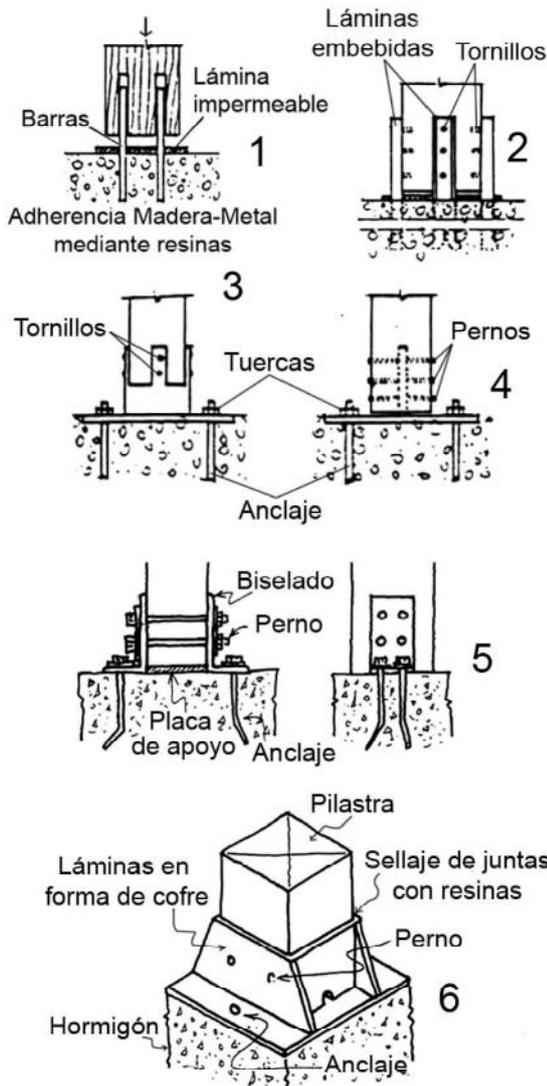


Fig. 9.3. Tipos de unión Columna-Pedestal o Columna-Cimiento.

Las carreras son vigas o piezas horizontales que se apoyan sobre los soportes a los que transmiten las cargas propias y las que reciben de los pisos superiores o la cubierta. Su trabajo es a flexión y podemos calcular su sección de acuerdo con las cargas a soportar, la luz y la resistencia límite del material, si tenemos:

$$\sigma_{adm} = M / W - \text{tensión admisible, kg/cm}^2$$

$$M = P L^2 / 8 - \text{momento flector}$$

$$W = b h^2 / 6 - \text{módulo resistente}$$

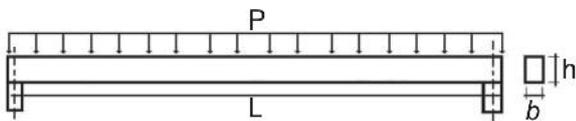


Fig. 9.4. Esquema de análisis de la viga.

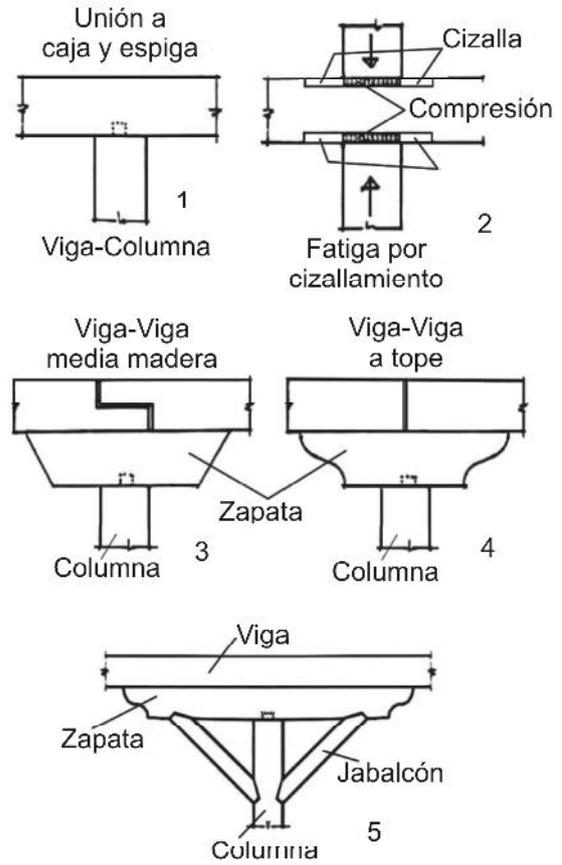


Fig. 9.5. Encuentro de viga y columna.

Cuando la viga es continua, el apoyo en el soporte puede ser directo sobre él, haciendo un ensamble a caja y espiga. Sin embargo, el soporte origina una considerable fatiga por cizallamiento en las fibras de las carreras, que puede ser la causa de deformaciones o roturas. Esto tiene gran importancia cuando las fibras aplastadas trabajan a tracción, por lo que se debe interponer piezas llamadas zapatas (fig. 9.5).

Antiguamente el empalme de las carreras se hacía sobre el soporte aprovechando las zapatas, podía ser a tope o a media madera. Cuando se quería disminuir la luz de la viga se utilizaban piezas inclinadas llamadas jabalcones. Si se quería aligerar aún más la viga se hacía una disposición de sopanda y jabalcones, en la que la primera queda apriionada por los últimos.

La unión de estos elementos se hacía fundamentalmente a media madera y a espera simple o doble, las técnicas modernas posibilitan uniones más sencillas y en las que se aprovecha mejor el trabajo de las piezas.

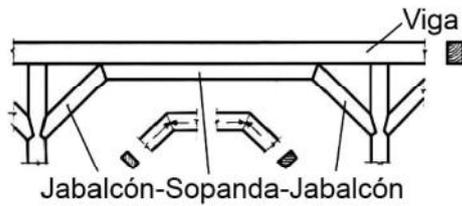


Fig. 9.6. Empleo de jabalcón y sopanda.

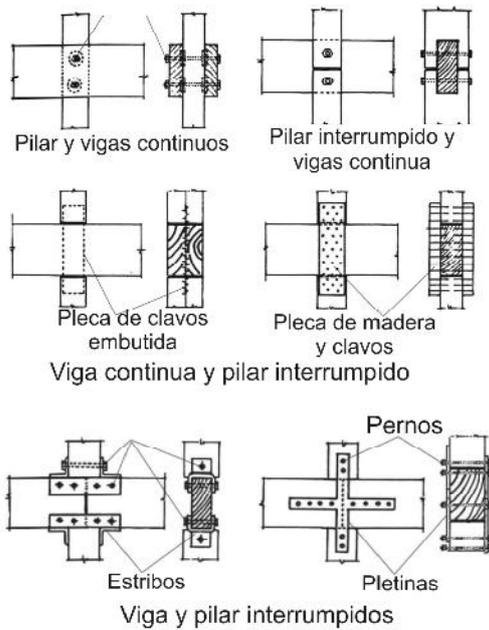


Fig. 9.7. Uniones Viga-Pilar.

Si se quiere que la carrera trabaje como viga continua, los empalmes necesarios no deben hacerse sobre el soporte, ya sea un pilar o la zapata, sino en los puntos de momento nulo que corresponden a  $1/5$  de la luz desde el apoyo.

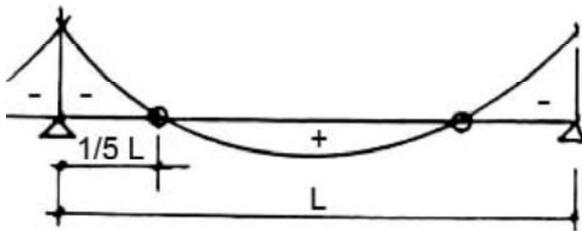
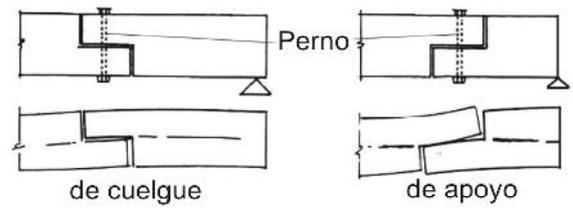
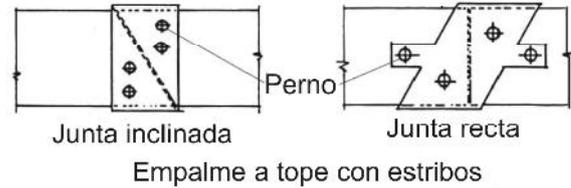


Fig. 9.8. Gráfico de momento de la viga.

El empalme puede ser a media madera, pero la unión debe ser de cuelgue, pues si fuese de apoyo podría rasgarse. Se realizan estas uniones mediante métodos modernos ayudándose con abrazaderas en forma de estribo.



Empalme a media madera



Empalme a tope con estribos

Fig. 9.9. Empalme del elemento viga a media madera y a tope.

### Entramados cerrados

Conocidos además como muros entramados, se constituyen con la integración de elementos resistentes y otros de relleno con misión de aislamiento o separación. Al disponer las piezas más juntas, estas pueden ser de menor sección facilitando su adquisición y colocación.

En la figura 9.10 se observa un ejemplo y la denominación de sus elementos.

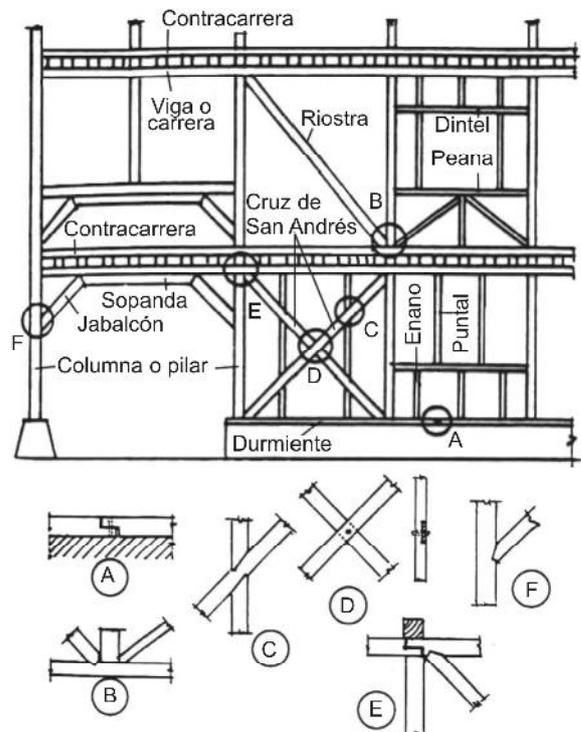


Fig. 9.10. Entramado serrado de madera.

En el caso anterior todas las uniones entre elementos se pueden resolver a media madera y simple espera, los huecos entre las piezas

resistentes se rellenarán con cascotes, yesones o ladrillos tomados con mortero de cal.

**Entramados totales**

Son los muros de madera formados en su totalidad por piezas resistentes. Los ejemplos clásicos pudiéramos decir que son los constituidos con troncos de madera rolliza, en algunos casos pueden tener uno o más lados aserrados para conseguir mayor apoyo y terminación.

Existen otros que son similares a los entramados cerrados, la diferencia está en que se cubren por las dos caras del entramado con tablas, pudiendo colocar en el interior materiales de aislamiento acústico y térmico. Las tablas pueden ir vertical u horizontalmente, y se fijan a la estructura mediante clavos.

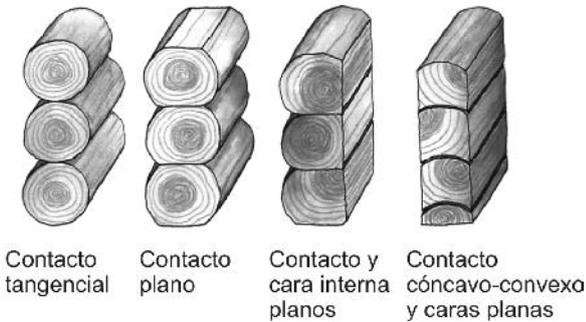


Fig. 9.11. Entramado totales de madera rolliza.

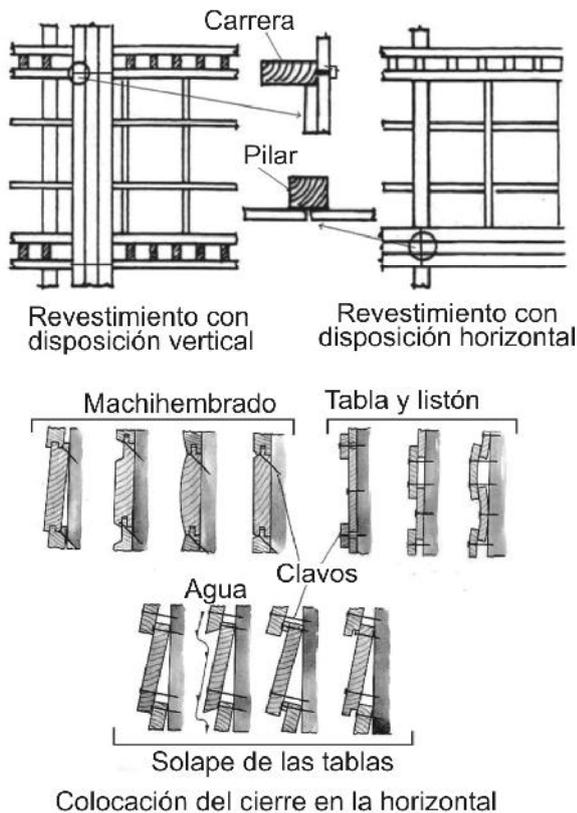


Fig. 9.12. Colocación del entablado como cierre del entramado vertical.

Los empalmes de las tablas se producen sobre la carrera si son verticales y en los soportes si son tablas horizontales. Las juntas de tablas verticales se hacen a tope, en la disposición horizontal se hacen solapando las tablas, con tabla y listón, o mediante machihembrado.

**9.2. Entramados horizontales**

Al igual que los actuales, los antiguos alfarjes verificaban misiones resistentes y de aislamiento. La primera a través de viguetas rectangulares o rollizas equidistantes entre sí, y la segunda con el componente que rellena (cuaja) y el espacio (socarrena) entre aquellos.

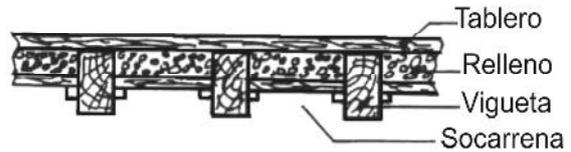


Fig. 9.13. Sección típica de un alfarje.

Desde la época romana y hasta el siglo XIV, se daba gran importancia al aislamiento, por lo que el relleno (tierra) alcanzaba espesores de hasta 40 cm. Presentándose así viguetas de gran sección, dispuestas a “lento y vacío”; es decir, a igual separación que la anchura. A partir del siglo XIV y hasta el XVII se recomendaban espacios vacíos de vez y media y rellenos de mayor de 20 cm. En cambio, los forjados del siglo XVII que llegaron a nuestros días se construían a “doble vacío que lleno”.

A partir de este momento, junto a la disminución del relleno, aumentaron los intereses hasta llegar a los actuales, que se pueden ordenar en forjados de tablero superior, de doble tablero y de socarrena cuajada.

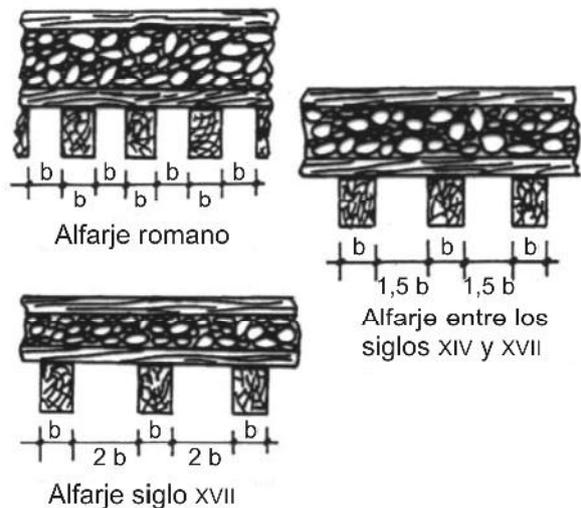


Fig. 9.14. Tipos de alfarjes heredados.

*Alfarjes de tablero superior*

Resulta el más elemental, resumiéndose en viguetas y tableros, además aparecían los llamados tapajuntas en el intrados.

El mismo forjado anterior, con pavimento, permitía rebajar la calidad del tablero y prescindir de los tapajuntas. La unión entre pavimento, tablero y vigueta, aumenta la inercia ante las deformaciones. Para compensar las desigualdades de la cara superior de las viguetas, así como las flechas y contraflechas, se disponía de “dobleros” o rastrel, sobre los que apoyaba el tablero. Esto mejoraba la rigidez al estar el tablero en la misma dirección que las vigas. El espesor y la calidad del tablero disminuye con la menor separación entre dobleros, que pueden llegar a ser continuos, dando lugar a los forjados de doble tablero o entablado: uno inferior basto y de nivelación, y otro de poco espesor y uniforme que, o bien configura el pavimento o sirve de apoyo a la capa de impermeabilización y al piso.

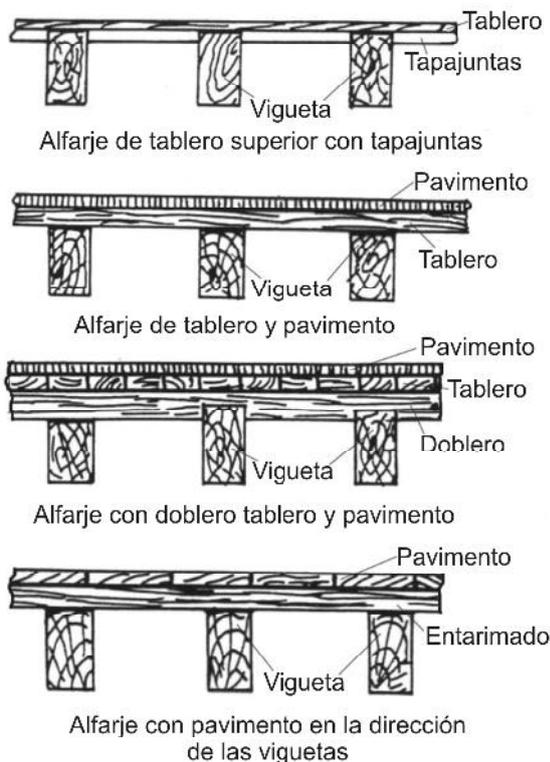


Fig. 9.15. Alfarjes de tablero superior.



Fig. 9.16. Alfarje de tablero superior con tapajuntas.

*Alfarjes de doble tablero*

Surgieron para conseguir cierto aislamiento acústico. El tablero inferior, sobre viguetas, servía de lecho a un relleno inerte, que a su vez recibía el entablado superior. Para rebajar la altura de la placa, el tablero inferior se apoyaba sobre junquillos a nivel intermedio. Conjuntamente con aquellos y con la testa inferior labrada de las viguetas dieron lugar a los ricos artesonados de casas palaciales. En los techos encasetonados, variante de los anteriores, se disponían “zoquetes” transversales que se cuajaban escalonadamente con tablas ensambladas hasta cerrar superiormente el casetón.

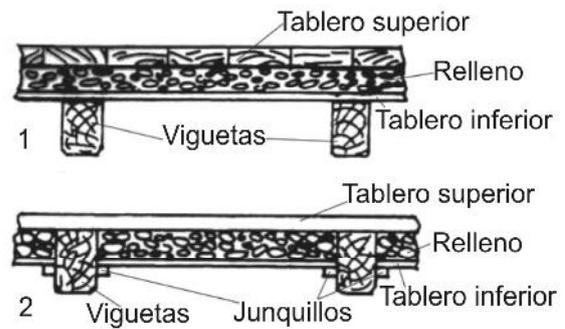


Fig. 9.17. Alfarje de doble tablero.

Finalmente aparece el segundo tablero, dispuesto bajo la testa inferior de las viguetas, proporcionaba mayor rigidez, un techo plano con menos riqueza formal y estética que los anteriores, además de aumentar el espacio para el relleno.

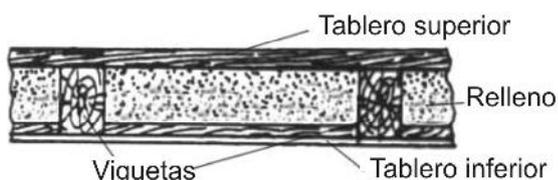


Fig. 9.18. Alfarje con viguetas ocultas.

*Alfarjes de entrevigado cuajado*

Para mejorar el aislamiento acústico y la protección ante el fuego, nacen las placas de socarrena “cuajada” con mezcla de cascote y yeso. La unión vigueta-cuajada se mejoraba con cordones de tomiza enrollados a la vigueta, con clavos, tornapuntas cruzados o ranuras labradas que inician la conversión de las secciones rectangulares en las actuales viguetas de *T* invertida. Posteriormente, para aligerar el conjunto, el cuajado se sustituye por rasillas, que fue el precedente de las actuales bovedillas.

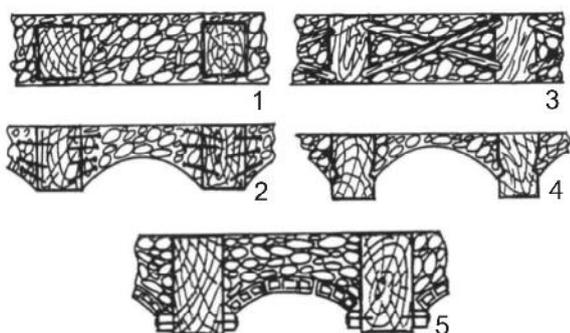


Fig. 9.19. Diferentes soluciones de forjados de entrevigado cuajado.

**Organización estructural**

En las intervenciones de rehabilitación debe mantenerse la organización estructural del edificio. Únicamente, de haberse perdido o en edificios de escaso valor, puede pensarse en otra más conveniente. De aquí el interés en conocer las antiguas ordenaciones estructurales, distintas según se trate de crujía única, característica de los portales de viviendas populares, de dos o más, típica de las casonas o de los grandes recintos palaciales.

*Crujía única*

Con luces pequeñas (hasta 3-4 m), las viguetas se disponían apoyadas en los muros. Se usó

crujías largas de soportales castellanos y en claustros. Con luces medias (entre 5 y 7,5 m), y a fin de reducir secciones, la estructura era con jácenas dispuestas en dirección transversal.

Esta ordenación es característica de los claustros de mayor luz y de viviendas populares en hilera con muros medianeros de carga. En fachada se disponían entramados de madera que, además de proporcionar inercia térmica, descargaban el soportal y facilitaban la apertura de huecos a la calle.

*Dos crujías*

Los vanos entre 7 y 9 m solían resolverse con vigas transversales apoyadas en muros laterales y en un pilar central, con viguetas encima, más que con viguetas dispuestas sobre los muros y en un pórtico longitudinal; aun cuando esta última ordenación reduce el número de vigas de  $2n$  a  $n+1$ , siendo  $n$  el número de pilares.

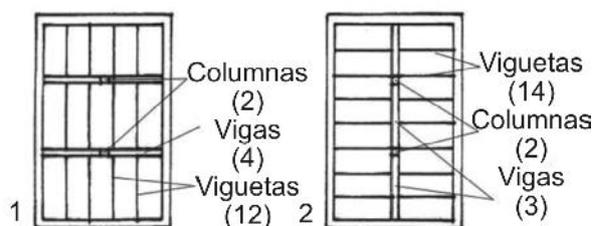


Fig. 9.20. Disposición de los elementos para cubrir dos crujías.

*Grandes recintos*

Para cubrir grandes recintos sin pies derechos intermedios se recurría a la disposición de uno o más órdenes de vigas, al apoyo a través de grandes ménsulas y a jabalconados; en Italia, a las soluciones de Sebastiano Serlio y en España, a los forjados compartimentados.

Con sucesivos órdenes de vigas se reducía el volumen de madera y el número de grandes jácenas, problema insalvable a veces. A modo de ejemplo, en la figura 9.21 se representan tres disposiciones estructurales para un mismo recinto. Una se resuelve con cinco vigas tipo *A*, la segunda con dos cargaderos *B* y tres vigas *C*, y la tercera con un cargadero *D*, dos grandes jácenas *E* y ocho vigas *F*.

Los forjados de Serlio “El Bolognese”, con ingeniosos embrochalados intermedios, permitían salvar grandes luces con jácenas de menor longitud que las anteriores, se reproducen las soluciones que proponía para plantas circulares, cuadradas y rectangulares.

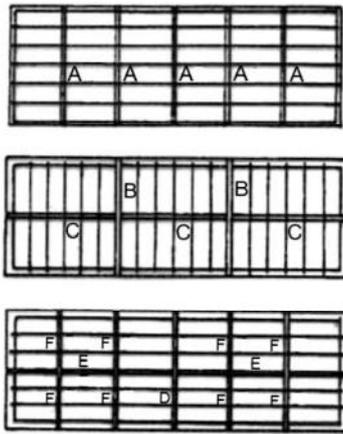


Fig. 9.21. Disposición de los elementos para cubrir grandes recintos.

Los forjados compartimentados resolvían el mismo problema a través de embrochados intermedios. Tienen el inconveniente del recrecido que obligan los sucesivos apoyos, aunque estos se realizasen a media madera, por esto son interesantes en cubierta.

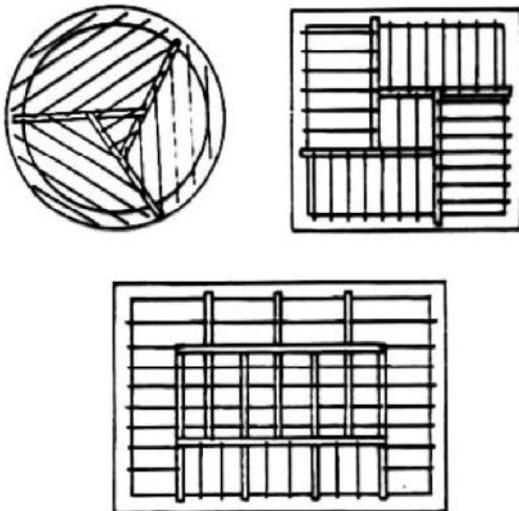


Fig. 9.22. Alfarges de Sebastiano Serlio.

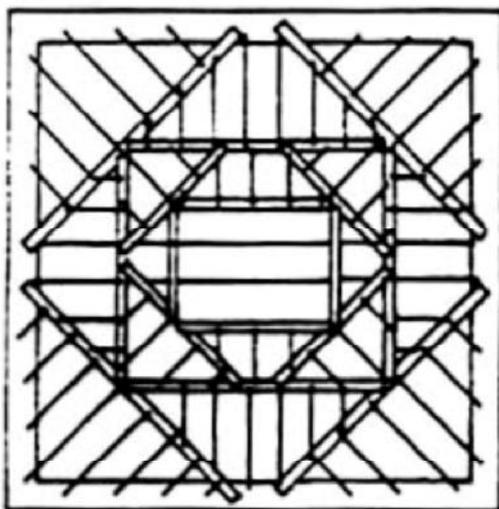


Fig. 9.23. Forjado compartimentado.

La disposición de grandes ménsulas superpuestas permitía reducir las luces de las jácenas.

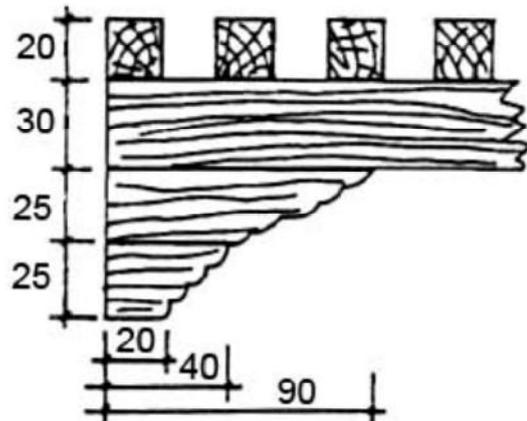


Fig. 9.24. Ménsulas dobles para disminuir la luz de la viga.

### Criterios de diseño

Decidida la distribución de la estructura, se distribuirán las viguetas, para ello comienzan a situarse a 2 cm de las paredes perimetrales y de las intermedias paralelas a ellas, las viguetas de arrimo y las paredañas, respectivamente. Se evita de esta forma el ataque directo de hongos e insectos.

Si la longitud de la crujía dada en centímetros, se divide entre el espaciamiento de las viguetas, 50-60 cm, para determinar el número  $n$  de viguetas, y este nos da fraccionado, lo aproximaremos a su entero y procedemos a dividir la longitud entre el  $n$  para hallar entonces el espaciamiento real.

En la distribución de viguetas conviene tener en cuenta lo siguiente:

- Si una pared interior termina en esa planta, sobre ella se recomienda poner una vigueta a modo de solera, sin embargo, debe construirse con posterioridad.
- Si un muro arranca del forjado, bajo él ha de colocarse una jácena.
- Para la formación de los huecos de escaleras, de no existir muros de caja, ha de proyectarse un brochal, las vigas de apoyo de este se consideran como muros de carga.

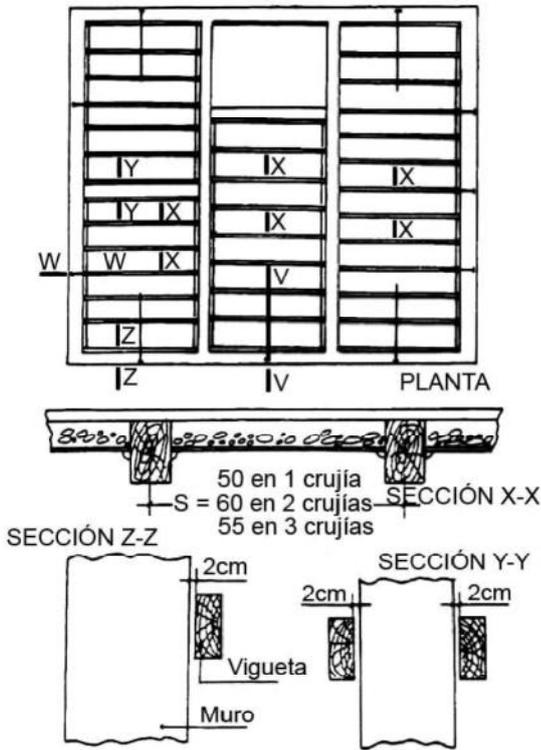


Fig. 9.25. Diseño y distribución de las viguetas.

**Detalles constructivos**

Los detalles constructivos han evolucionado a la par de las uniones y tecnologías, aunque en esencia continúan teniendo los mismos objetivos para los que han sido concebidos (como lograr rigidez en la estructura como conjunto). El descanso de una vigueta o correa sobre un muro de carga podía resolverse como se muestra en la figura 9.26. En este caso se evitaba la pudrición de las cabezas frente a posibles infiltraciones de agua a través de los muros exteriores, ya que la vigueta apoyaba sobre una solera dispuesta en un retallo del muro.

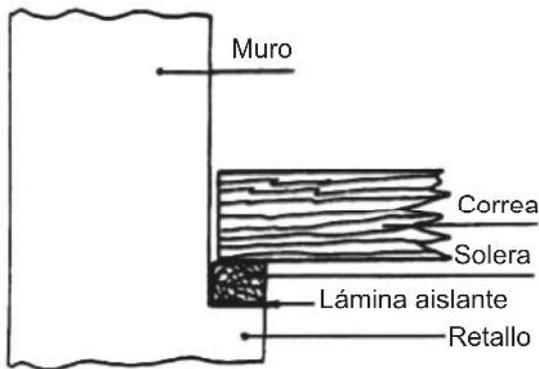


Fig. 9.26. Detalle de unión de correa y muro.

Cuando el muro tenía que ser de sección constante, se podían emplear los detalles de la figura 9.27, vigas apoyadas en modillones o mechinales.

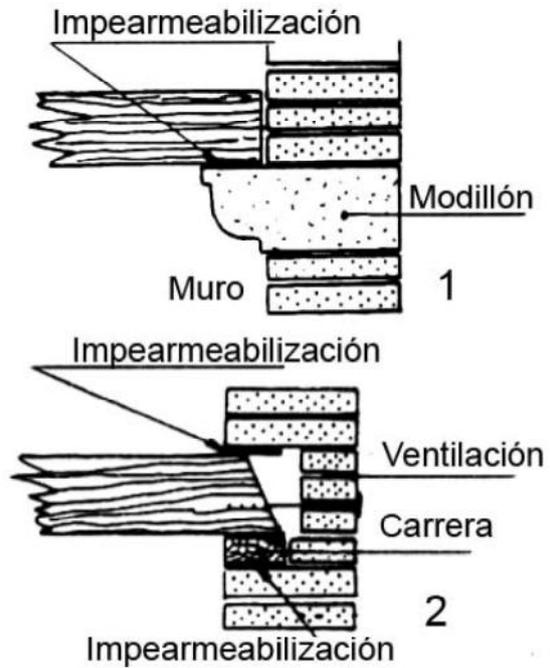


Fig. 9.27. Detalles de unión de correa y muro.

Como apoyo de las correas sobre jácenas, conviene recordar que inicialmente las viguetas se situaban sobre la cara superior de la jácena, separadas entre sí por tacos. Desde el siglo XIV se tapaba el hueco existente con la ayuda de guardamalletas, eliminando el nido de polvo y se embellecía la unión. A partir del siglo XVII las uniones se hacían mediante cajuelas a media madera.

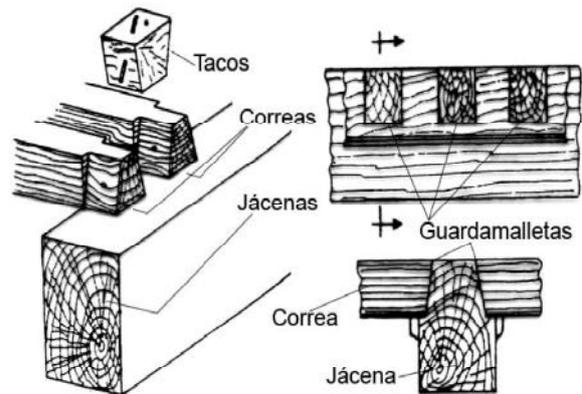


Fig. 9.28. Unión de correa y jácenas.

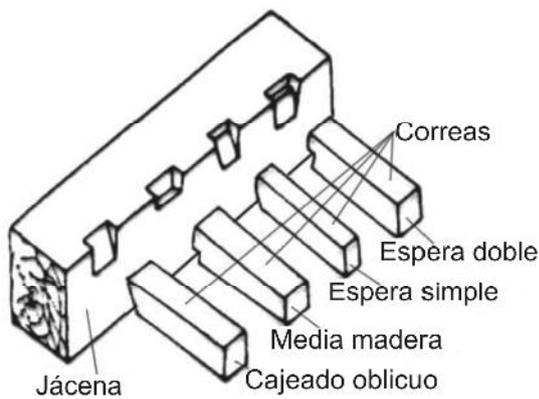


Fig. 9.29. Unión de correas y jácenas mediante cajeados.

Para el atado entre muros y forjados se disponían de llaves o bridas encargadas de verificar la condición de enlazabilidad. Cada 3-4 correas en los frontales y cada 3-4 m en los perimetrales, enlazando dos o tres viguetas a través de llantones.

*Otras soluciones*

Otra manera de resolver la unión vigueta-muro es apoyando la misma en un durmiente o solera unida al muro con nudillos de trecho en trecho. Evitar la destrucción de las cabezas de las viguetas era una máxima en la unión.

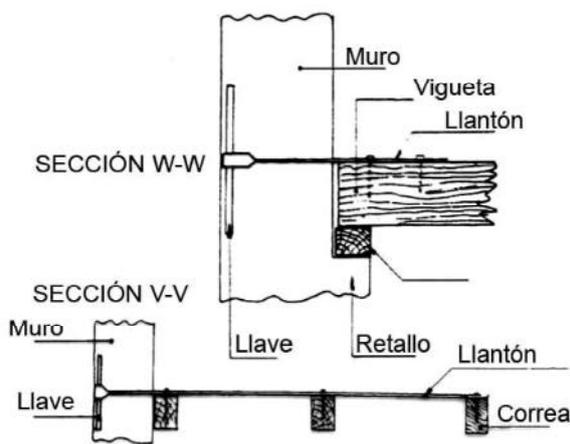


Fig. 9.30. Arriostramiento mediante llantones. Detalle de la figura 9.25.

Para la unión de viguetas con jácenas o vigas principales, el apoyo simple es la solución más sencilla, pudiéndose realizar, o bien cruzando las entregas, si la viga es ancha, poniéndolas a continuación unas de otras, a tope, o colocarlas a continuación y media madera. Se pueden sujetar lateralmente clavándolas directamente, con tacos laterales o con escuadras.

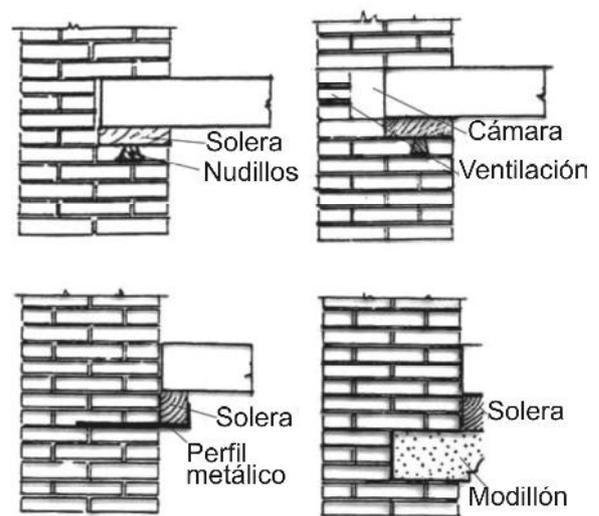


Fig. 9.31. Detalles de unión de correa y muro.

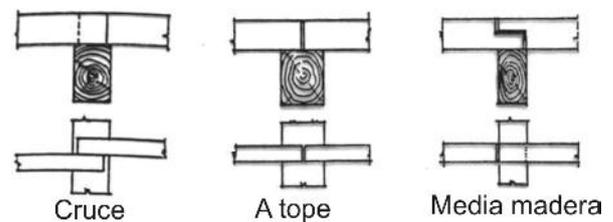


Fig. 9.32. Apoyo de viguetas en jácenas.

Lo normal, sin embargo, es que la cara superior de la vigueta quede enrasada con la cara superior de la viga, para que el cuelgue de esta sea menor. Para conseguirlo nos ayudamos de estribos o escuadras reforzadas.

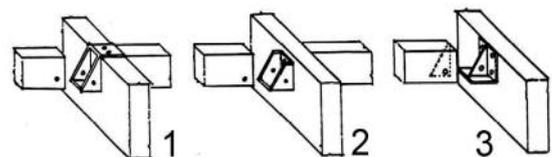


Fig. 9.33. Unión de viguetas en jácenas mediante estribos y escuadras.

El enzoquetado o embrochalados son términos principalmente empleados en las estructuras clásicas. El enzoquetado consiste en poner piezas cortas de madera, llamadas zoquetes, entre las viguetas de un entramado para evitar que se muevan y permitan la colaboración de las viguetas en caso de cargas puntuales o localizadas. Se suele colocar un orden de zoquetes en el centro del vano o dos en los tercios de la luz. El apoyo del zoquete se hace a caja simple o, modernamente, de cualquiera de otras uniones. Cuando la distancia entre zoquetes es la misma que entre viguetas damos lugar a un

techo artesonado, que se termina con tablas apoyadas en viguetas y zoquetes.

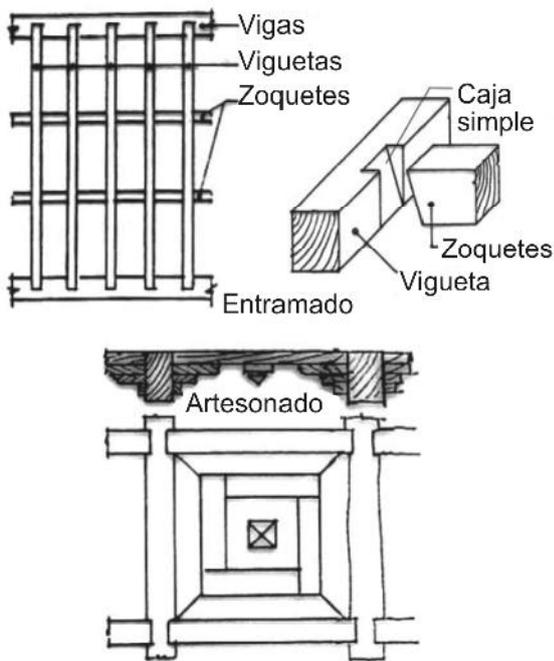


Fig. 9.34. Enzoquetado o embrochados, formación de artesonados.

El embrochado se origina cuando se presenta la necesidad de dejar en el piso espacios libres mayores que el que queda entre viguetas, por ejemplo, una caja de escalera. Las uniones constituyen un ensamblaje de dos piezas trabajando a flexión.

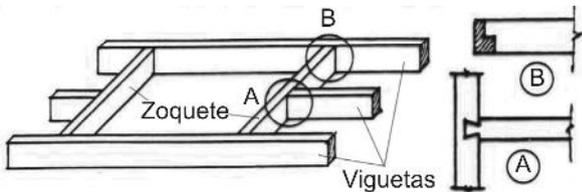


Fig. 9.35. Encuentro de viguetas y zoquetes.

La forma de trabajo de las vigas es similar a las viguetas pero con cargas mayores y, por lo tanto, con escuadrías también mayores. Cuando las cargas y la luz a salvar son grandes, puede que las secciones sean superiores a las del mercado, por lo que es necesario conformar otras con suficiente inercia para el trabajo y es que se construyen las "vigas armadas".

Se forman mediante acoplamientos, y en todo caso la idea básica es acercarse lo más posible a la sección de una viga T, que es la óptima para el trabajo a flexión, se debe lograr que la sección en las cabezas sea mayor que en el alma.

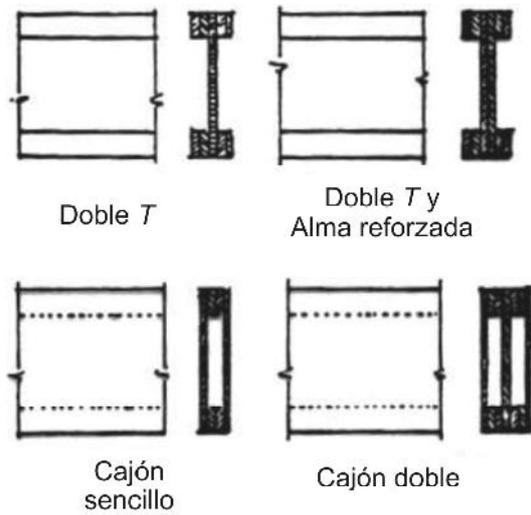


Fig. 9.36. Vigas armadas.

Cuando el tablero es doble, como en el caso de vigas de alma reforzada, las tablas que lo forman deben ir con una cierta inclinación y contrapeadas una cara con otra, es decir, con sus fibras encontradas. En caso de vigas en cajón los tableros irán formando ángulos de 45° respecto a las cabezas, de esta manera se absorben bien los esfuerzos cortantes y las posibles torsiones.

En todos los casos, en las vigas armadas se deben colocar elementos de rigidización, las uniones se han resuelto con clavos, conectores o por medio del encolado.

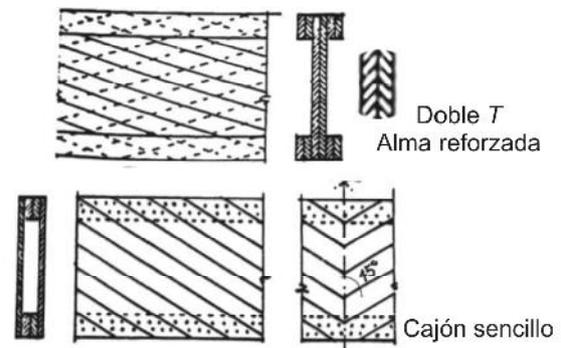


Fig. 9.37. Colocación del alma en vigas armadas.

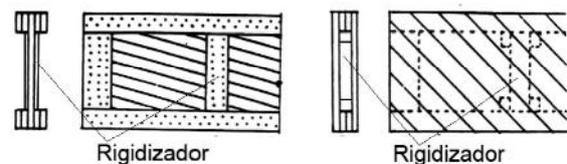


Fig. 9.38. Rigidizadores en vigas armadas.

Como vigas armadas, utilizadas desde siempre, se consideran las vigas trianguladas formadas por dos cabezas (superior e inferior) y

por barras intercaladas denominadas montantes y péndolas, si son verticales y trabajan a compresión o tracción respectivamente, y tornapuntas y tirantillas si son inclinadas y trabajan a compresión o tracción respectivamente. Se pueden construir las vigas trianguladas con uniones antiguas, como media madera, la espera y cola de milano para las tracciones, o mediante soluciones modernas con conectores y llaves o placas de clavos y otros.

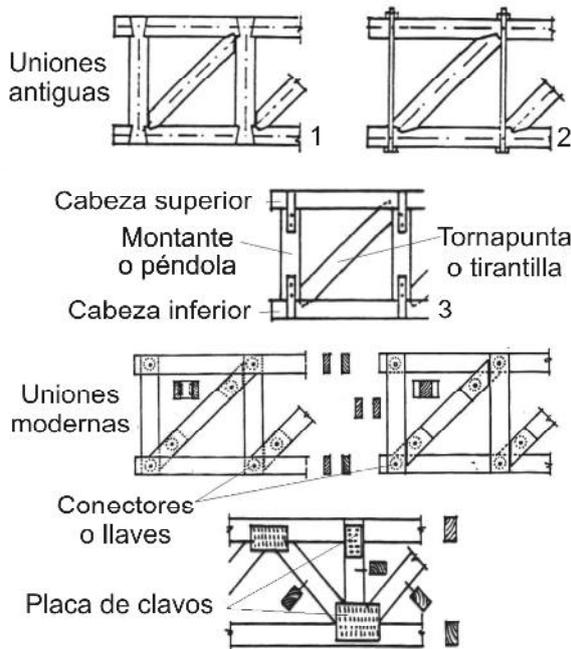


Fig. 9.39. Vigas armadas trianguladas.

Una unión importantísima es el apoyo de los elementos vigas en los muros de carga; si el muro es de ladrillos la resistencia unitaria es menor que la de la madera, por lo que hay que colocar un elemento para el reparto del esfuerzo, ya sea de madera, de hormigón o de piedra. También hay que preocuparse por el posible deterioro de la cabeza de la viga, es recomendable que la unión se ventile, además proteger la viga de madera con material impermeable. Cuando el apoyo es sobre hormigón, esta preocupación por el deterioro (humedad) se mantiene, pero se elimina el problema de la diferencia de resistencias. La unión mediante técnicas modernas permite mayor resistencia a esfuerzos horizontales o levantamientos.

Para conseguir balcones o miradores pueden prolongarse las viguetas en el voladizo cuando la dirección es perpendicular a la fachada; para evitar el vuelco por diferencia de cargas se deben anclar en el elemento donde nacen.

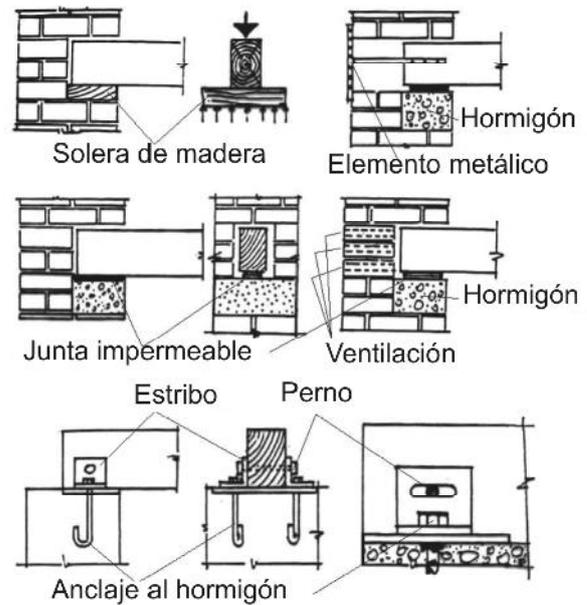


Fig. 9.40. Unión de los elementos viga y muro.

Si las viguetas son paralelas a la fachada, se puede formar el voladizo anclando las viguetas de esta a una viga reforzada de la estructura del entrepiso, se refuerza pues pasa a trabajar además a torsión. Las uniones serían directamente con cajeadado o con refuerzos metálicos.

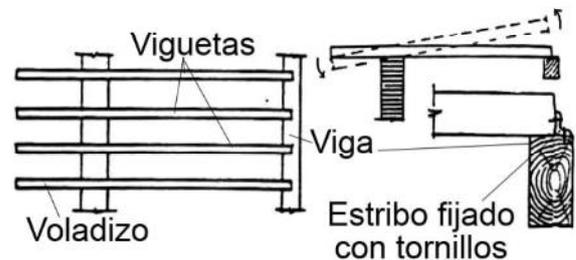


Fig. 9.41. Voladizo formado con la continuación de las viguetas.

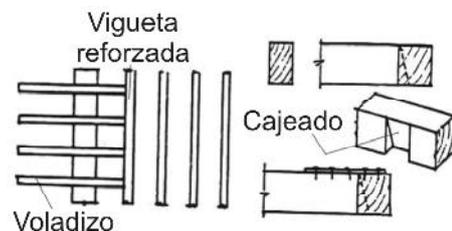


Fig. 9.42. Voladizo apoyado en viga reforzada.

### 9.3. Entramados inclinados

Las cubiertas constituyen un entramado inclinado, variando según el tipo de edificio, la planta a cubrir y otros factores que influyen desde el

punto de vista ambiental, económico, etc. Las viviendas se caracterizan por tener pequeñas luces, sus cubiertas entonces serán más sencillas. Cuando las luces son mayores las cubiertas se complican y habrá que utilizar cerchas o pórticos como soporte de la cobertura.

### Cubiertas simples

#### Cubierta de Par y Picadero

Son realmente entramados como los horizontales pero inclinados, en los que a las viguetas se denominan *pares*. Las luces a salvar, la forma de trabajo, y el espaciamiento entre pares, cumplen con las mismas condiciones de diseño vistas anteriormente en los entramados horizontales. La única diferencia con los forjados horizontales está en los apoyos.

Si el apoyo es sobre muros de fábrica se coloca una pieza horizontal sobre ellos llamada *estribo* y a ella acomete el par con una unión a espera, en que el nudillo ayuda al estribo a absorber la componente horizontal del esfuerzo del par; también se puede apoyar el par sobre el estribo con ayuda de escuadras. En la parte superior también se coloca una pieza llamada *picadero*, en la que apoya el par con un corte especial denominado corte de picadero.

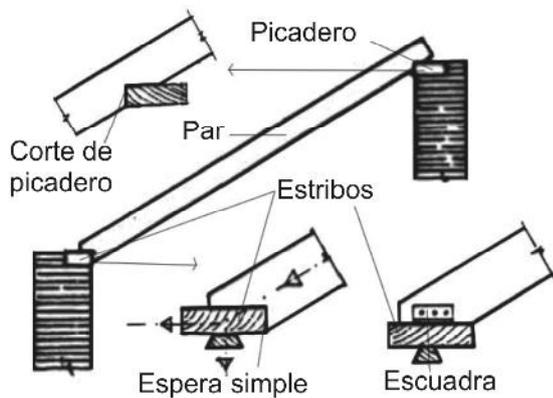


Fig. 9.43. Cubierta Par y Picadero.

Si el apoyo de los pares se produce sobre vigas horizontales las uniones son similares a las anteriores, o bien se hacen con la ayuda de elementos metálicos

Este tipo de cubierta genera esfuerzos horizontales grandes, por lo que son aptas para coberturas de poco peso y luces pequeñas. La terminación dependerá del material empleado.

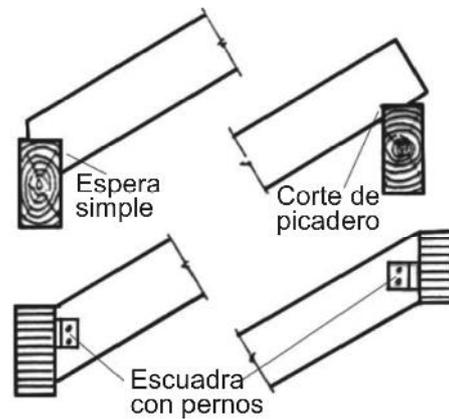


Fig. 9.44. Cubierta Par y Picadero, apoyada en viga cumbreira.

#### Cubierta a la Molinera

El entramado resistente se forma con un conjunto de vigas colocadas horizontalmente denominadas *correas*. Como todas las cubiertas simples, es realmente un forjado inclinado, cuyas viguetas-correas se van colocando según se sube el muro y quedan embebidas en él. Pueden ser a dos aguas o una. Cuando las correas apoyan en vigas en lugar de muros, el ensamble se hace o apoyando directamente encima colocando escuadras, o con estribos laterales, tanto inclinados como verticales. En todos los casos las correas están sometidas a flexión disimétrica según los dos planos principales.

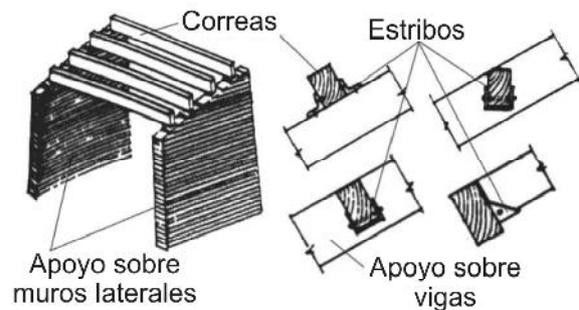


Fig. 9.45. Cubierta a la Molinera.

#### Cubierta de Par e Hilera

Se denomina así a una cubierta a dos aguas, cuyos faldones están constituidos por pares que, contrarrestando sus esfuerzos, se unen sobre una pieza llamada *hilera*, a lo largo del caballete. La unión se producía a doble espera o por apoyo directo asegurado por clavos.

Así como los esfuerzos de los pares se contrarrestaban en la hilera, no pasaba lo mismo con los esfuerzos horizontales que los pares transmiten a los muros a través de los estribos. Para

asegurar el equilibrio de estos esfuerzos y, por tanto, la inmovilidad de los estribos, se atirantan cada cinco o seis pares. Los tirantes pueden ser barras de acero que atraviesan la solera después de barrenada y luego se atornilla en sus extremos empleando además arandelas.

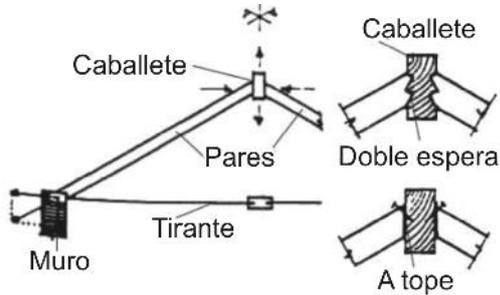


Fig. 9.46. Cubierta de Par e Hilera.

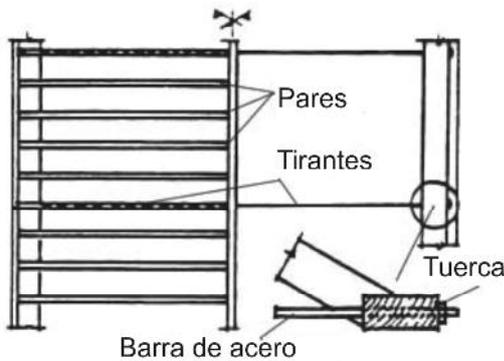


Fig. 9.47. Tirantes en cubierta de Par e Hilera.

En la actualidad este tipo de cubierta sigue estando en pleno uso, aunque la unión en el caballete suele ser directa con la ayuda de placas de clavos pernos o estribos. Si no existe muro y el apoyo se produce sobre la viga del pórtico, el atirantamiento se hace con barras de acero (llamados redondos o tensores) o pletinas, aprovechando normalmente el encuentro de la viga con el par.

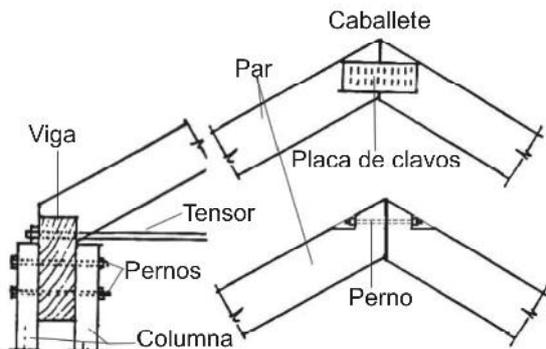


Fig. 9.48. Uniones modernas en cubiertas de Par e Hilera.

En este tipo de cubiertas, así como en las de Par y Picadero, los pares trabajan como vigas inclinadas. Las luces a cubrir son de 6-9 m debido a los empujes que genera, y las cargas a las que sean sometidas deben ser simétricas.

*Cubierta de Par y Nudillo*

Actúa como un gran complejo arquiteado. Desde la solera perimetral sobre el muro, que arriostrada en las esquinas con los cuadrales y durante su longitud con los tirantes pareados o dobles, arrancaban los pares inclinados hasta encontrarse a cierta altura con vigas horizontales o nudillos, formándose así un plano superior horizontal denominado almizate o harneruelo, y los planos inclinados o faldones. De acuerdo con la planta y diseño espacial, podían aparecer de 2 hasta 8, 12 ó 16 faldones, el mayor alarde estructural era acercarse a una bóveda de carpintería.

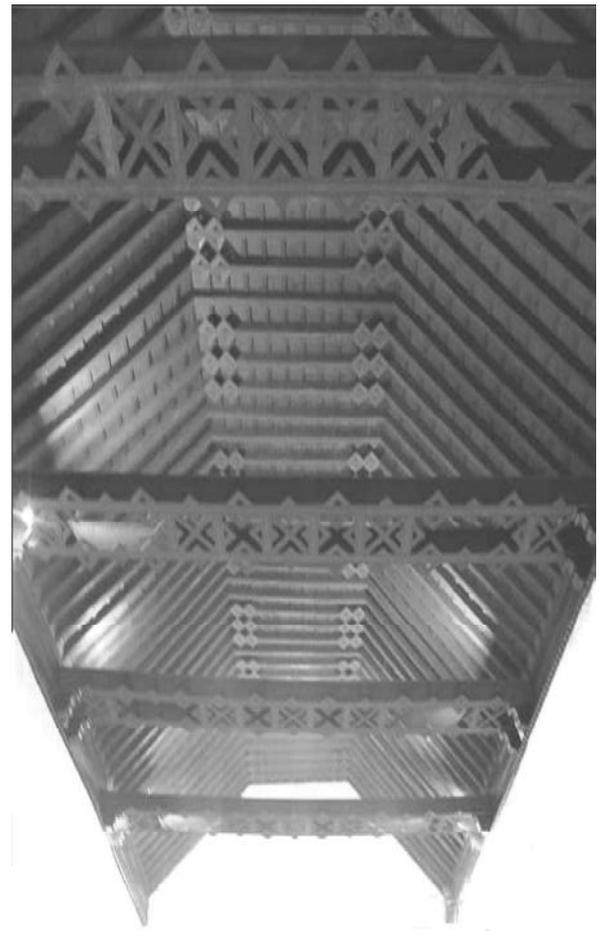


Fig. 9.49. Cubierta de Par y Nudillo con tirantes pareados.



Fig. 9.50. Cubierta de Par y Nudillo con 8 faldones.

### Cubiertas compuestas

Cuando las luces a salvar, entre apoyos, son de cierta magnitud, el cierre superior del edificio no puede resolverse con las cubiertas simples que se han estudiado, sino que tendremos que recurrir a elementos estructurales especiales.

Al estudiar las vigas armadas vimos la utilización, desde siempre, de las vigas trianguladas o de celosías; pues bien, si el cordón superior lo inclinamos en dos tramos convergentes, tendremos una viga triangulada de sección variable que denominamos "cercha, forma o cuchillo".

Esta viga une a su buena geometría resistente (mayor sección a mayor momento) su buena geometría constructiva, pues sus cordones inclinados, que se denominan  *pares* , facilitan la formación de los faldones, aguas o vertientes.

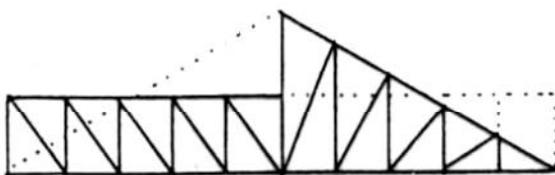


Fig. 9.51. Evolución de la viga triangulada, para obtener la cercha o cuchillo.

La cubierta compuesta está formada por las cerchas como elemento resistente principal; sobre ellas, a modo de viguetas, apoyan las  *correas*  y, a su vez, sobre estas los  *parecillos* , formando el entramado del faldón.

Para la construcción de las cerchas es necesario tener en cuenta los criterios siguientes:

- Tipo de material de cobertura que obligará a una pendiente determinada a la necesidad de poner las correas a mayor o menor dis-

tancia y a la utilización o no de cabios o parecillos.

- Tipo de cercha idónea para sostener el faldón que vendrá definida por las cargas, la luz a salvar y las pendientes necesarias en el faldón.
- Estabilidad del conjunto que nos obligará al arriostamiento de sus elementos resistentes.

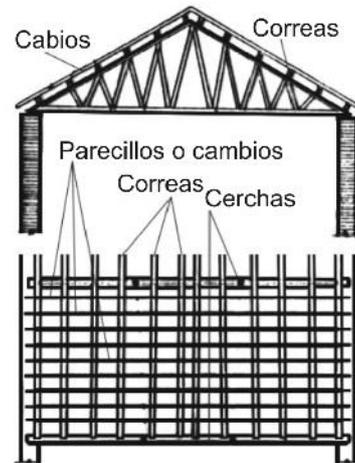


Fig. 9.52. Esquema de cubierta con cerchas.

Ya hemos dicho que las correas en las cubiertas compuestas tienen la misma misión que las correas de las cubiertas simples a la molinera o las viguetas en los forjados.

Pueden colocarse según la dirección del faldón o verticalmente. En el primer caso, que es el más corriente, el apoyo se hacía en la carpintería de armar tradicional, colocando un taco de madera denominado  *ejión*  para evitar el desplazamiento; el ejión se sujeta al par con clavos. Actualmente el apoyo de las correas se realiza con ayuda de escuadras o pernos pasantes.

Esta disposición de las correas hace que trabajen a flexión disimétrica, por lo que pueden colocarse verticales, aunque esto dificulta la colocación tanto de las correas, como luego de los parecillos o el material de cobertura. La distancia a que se colocan las correas entre sí dependerá, además del material de cobertura y las cargas que generan, de la distancia entre cerchas. Las escuadrías más utilizadas están entre 5 x 15 y 7,5 x 20 cm.

Los cabios o parecillos se colocan sobre las correas a distancia de 40 a 60 cm. Trabajan a flexión pero con apoyos cercanos y cargas poco importantes, por lo que son piezas de sección pequeña (5 x 7,5 a 7,5 x 10 cm) y se

unen a las correas por simple clavado. Cuando hay una sola correa de caballete, el parecillo apoya por medio de corte de picadero, encontrándose a tope o cruzándose

Si existen dos correas los parecillos pueden simplemente apoyarse en ellas encontrándose a tope, cruzándose o haciendo ensambles a media madera que reforzarían la unión contrarrestando, en el encuentro, las cargas inclinadas de los parecillos.

Encima de los cabios apoya el último orden del entramado inclinado de madera: el tablero o entablado; en España, por ejemplo, se denomina enlatado, pues está formado por pequeñas piezas o tablas de madera que se llaman latas o ripias.

### Casos particulares

Hasta ahora hemos visto el elemento estructural de una zona intermedia del entramado, pero hay zonas de la cubierta en que la disposición de los elementos estructurales es distinta.

Cuando una cubierta es a dos aguas con *hastial*, no se presenta ningún caso particular, el entramado queda constituido por cerchas alineadas, pudiendo situarse una cercha final o bien apoyar las correas en el muro del hastial. Si queremos que el alero sea horizontal a lo largo de toda la cubierta, aparece un faldón triangular denominado *peto*, que da lugar a otras disposiciones constructivas. También las cubiertas de esquina o los encuentros de cubiertas nos dan lugar a casos particulares de construcción.

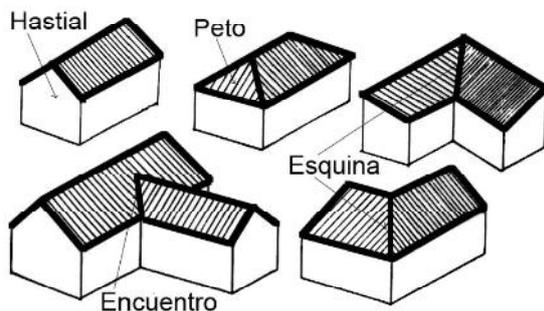


Fig. 9.53. Posibilidad formal en cubiertas.

#### Formación de petos

Se hace coincidir una de las cerchas del entramado con el vértice del peto y en las limas se disponen medias cerchas de análogas características a las empleadas en el resto del entramado.

Si la luz es pequeña, de 8-10 m, bastará con colocar otra media cercha al centro, según la línea de máxima pendiente, para apoyo de las correas. Si la luz es mayor, se deberá disponer otros órdenes de cerchas acortando la longitud de las correas.

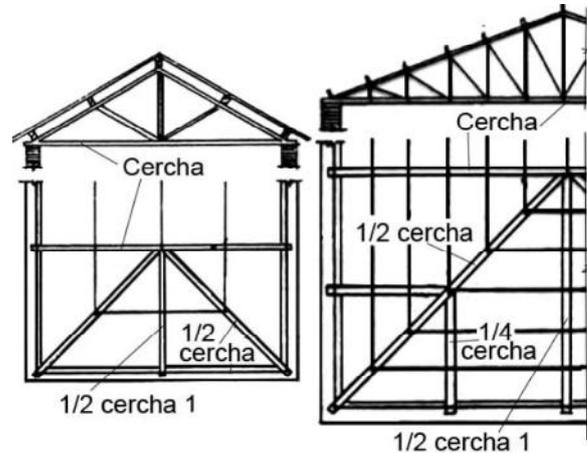


Fig. 9.54. Formación de petos.

Dependiendo de la luz de la edificación y el número de nudos, aparecerán, además de las medias cerchas, otras que tendrán  $1/3$  ó  $1/4$  que se denominan *cerchas cojas*.

En el encuentro de la cerca con las tres semi-cerchas tendremos, en la parte superior, cinco pares confluyendo en el pendolón central. Para resolver el ensamble con uniones antiguas, o bien se alarga la sección del pendolón y, en ese caso, los pares de las limas tendrán un corte de espera oblicuo, o bien se le da forma poligonal al pendolón, para que los pares ensambles según su plano. Con uniones modernas el ensamble se produciría con placas y pernos.

#### Cubiertas de esquina

Cuando la cubierta es a un agua, se resuelve con una cercha en cada esquina, otra para la limatesa o limahoya, y cerchas cojas para apoyo intermedio de las correas (fig. 9.55). Si la cubierta es a dos aguas y tiene la misma luz en los dos tramos, nos aparece la doble lima (AO limatesa, OF limahoya). Dependiendo de la luz de la cubierta, se completa el conjunto con medias cerchas (CO, IO) y cerchas cojas (BO1, JO1, DO2, HO2) (fig. 9.56).

Es conveniente que, tanto las medias cerchas como las cerchas cojas, apoyen en nudos de la cercha diagonal. Los ensambles son similares a los vistos en la formación de petos.

Si las luces son distintas en los tramos de la cubierta, la solución estará compuesta, además

de por las cerchas pequeñas y las grandes, por cerchas diagonales, semicerchas y cerchas cojas.

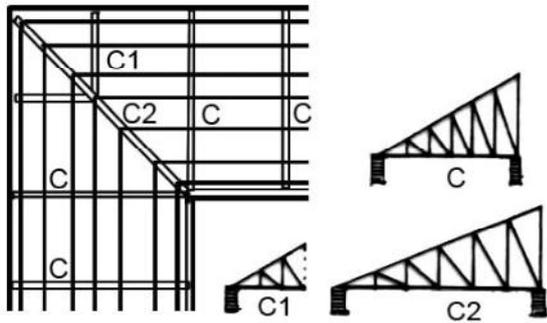


Fig. 9.55. Cerchas necesarias en esquinas para cubiertas de un agua.

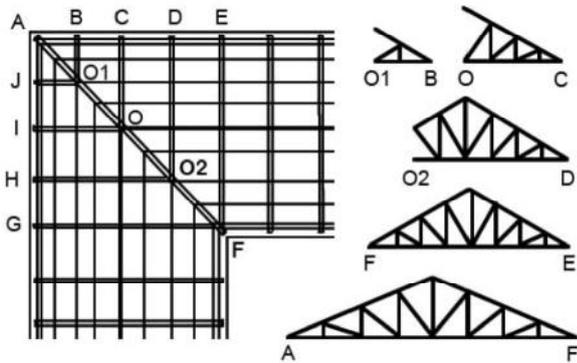


Fig. 9.56. Cerchas necesarias en esquinas para cubiertas de dos aguas.

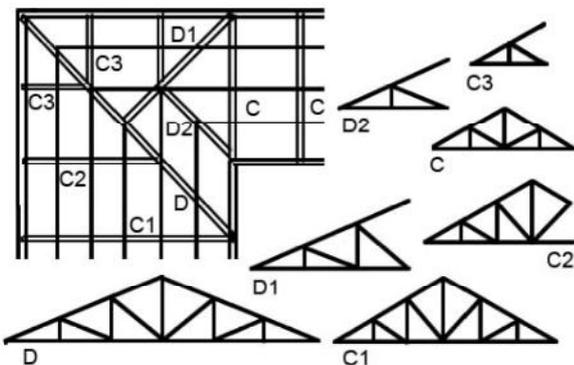


Fig. 9.57. Cerchas necesarias en esquinas para dos aguas diferentes.

*Encuentro de cubiertas*

Sería imposible exponer todos los casos de encuentro de cubiertas, pues depende de muchas variables; luz de las naves (y, por tanto, altura), dirección de la cubierta (ángulo de encuentro), tipo de cercha, etc.

La solución se reduce, pues, a un problema principalmente geométrico en el que tendremos, primero, que resolver el encuentro en planta, determinando todos los puntos intere-

santes de aleros, caballetes, limatesas, etc.; después, debemos dibujar las posiciones de las cerchas, semicerchas y cerchas cojas, de un modo racional para que las luces de correas sean del orden de 4-5 m. Por último se determina el tipo de cercha, teniendo en cuenta que los apoyos deben corresponder con los nudos. Veremos como ejemplo el encuentro ortogonal de dos naves de distinta luz, aquí se desarrollan todos los ensambles posibles que se nos pueden presentar.

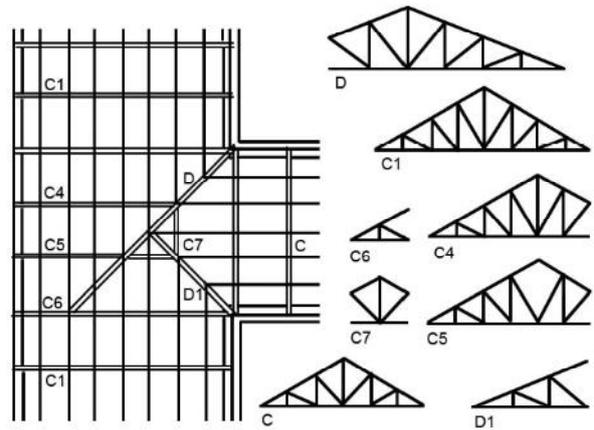


Fig. 9.58. Cerchas necesarias en el encuentro de dos cubiertas diferentes.

*Arriostramiento de cubiertas*

Hemos estudiado las cerchas como elementos triangulados y, como tales, indeformables ante las fuerzas que actúan en su plano. Sin embargo, si existieran fuerzas fuera de su plano, como empujes laterales del viento, es preciso el arriostramiento de las cerchas entre sí, para evitar su vuelco.

Si los esfuerzos no son grandes, podían considerarse estos absorbidos por el material de cobertura, sobre todo si va íntimamente unido a correas y parecillos. De no ser así, deberán disponerse estructuras trianguladas para rigidizar el plano de faldones, el de tirantes o, incluso, el de pendolones. Si el entramado vertical fuera también de madera, entonces debería arriostrarse la cercha.

El arriostramiento se hace, normalmente, con piezas dispuestas en cruz de San Andrés; si observamos la tendencia a deformar de cada cuadro, ante las cargas horizontales, vemos que las piezas quedan sometidas, alternativamente, a tensiones de compresión y tracción.

Si las piezas del arriostramiento son de madera, se considera únicamente su capacidad de

trabajo a compresión, ya que los cortes necesarios para los ensambles a tracción debilitarían mucho las piezas.

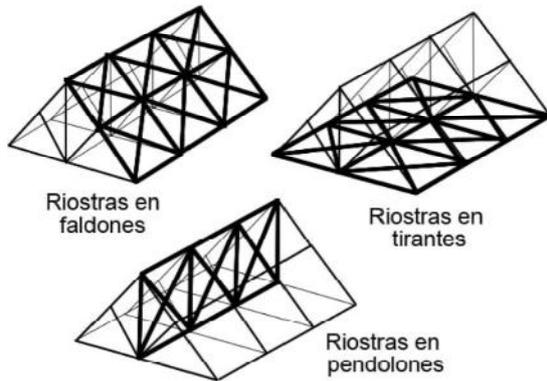


Fig. 9.59. Cruces de San Andrés como arriostramiento.

Los arriostramientos lógicos son los que se hacen a base de pletinas o barras de acero (redondos), en cuyo caso solo se tendría en cuenta su trabajo a tracción, despreciando la pieza que, en cada caso, trabaje a compresión.

### Cerchas

Hemos dicho que la cercha es el elemento resistente principal del entramado inclinado. Está formada por piezas lineales que se organizan mediante triangulaciones en que los nudos son articulados. Se consigue de esta manera que los esfuerzos que actúan sobre las barras sean de tracción o compresión según sus ejes, sin que aparezcan esfuerzos transversales secundarios. Para ello es necesario, no solo que los nudos no sean rígidos, sino que las cargas actúen sobre ellos, pues, si lo hacen sobre puntos intermedios, pueden originarse los esfuerzos secundarios de que hablábamos. Sin embargo, al ser de pequeña importancia, o bien se desprecian o bastará con aumentar ligeramente la sección de las barras en que gravitan.

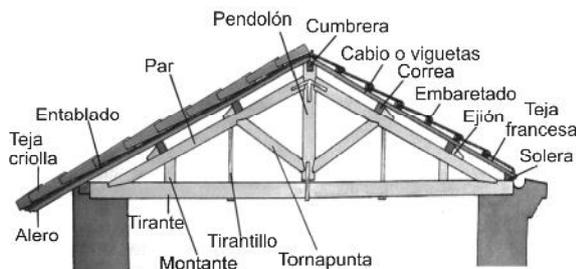


Fig. 9.60. Componentes de una cercha tradicional.

Los puntos en que se encuentran las barras se denominan, como hemos dicho, *nudos*. Las piezas exteriores que llevan la inclinación de los faldones son los *pares* y trabajan normalmente a compresión. La pieza que une los pares por su parte inferior se denomina *tirante* y trabaja a tracción. Las barras interiores verticales se conocen con el nombre de *montantes* si trabajan a compresión y *péndolas* si lo hacen a tracción, a la péndola central se le llama *pendolón*; si las piezas están inclinadas se llaman *tornapuntas* cuando trabajan a compresión y *tirantillas* si su trabajo es a tracción.

### Tipos de cerchas

Los tipos de cercha han ido derivando, según las luces a salvar, cargas, etc., desde el más sencillo formado por tres piezas (dos soportes y un tirante), hasta la más complicada; no hay duda de que, en cada hipótesis de cerramiento superior de un edificio, podría crearse una forma triangulada particular, cada una de ellas con problemas y condicionantes; por ejemplo, si se aumenta la altura de una cercha disminuimos sección en el par y en el tirante, pero aumenta la de las barras interiores si introducimos más nudos, el par y el tirante son ligeramente superiores, disminuyendo la sección de las barras interiores que, sin embargo, se duplican en número. Todos estos planteamientos han dado lugar a una serie de cerchas tipo, consolidadas por la experiencia a través de los años, que se adaptan a los casos generales de luces, cargas e, incluso, utilización (soluciones peraltadas).

La solución más sencilla es la constituida por los pares y el tirante, los pares trabajan a compresión y el tirante a tracción, se utiliza para luces pequeñas de hasta 6 m. Cuando las luces son algo mayores el tirante resulta flexible aún para su propio peso; por ello, se le añade un pendolón que, trabajando a tracción, sostiene al tirante en su punto medio. Para luces de 6-8 m, al aumentar la luz, el problema de flexión no será solo del tirante, sino también de los pares; para solucionarlo se apuntalan sobre el pendolón con dos tornapuntas que partirán en dos la luz libre de cada par. Se denomina esta solución "cubierta a la española", por ser muy frecuentes en dicho país. Cubre luces de 8-12 m. Como la lógica indica, según va aumentando la luz a salvar, van siendo necesarios un mayor número de barras para que estas no sobrepasen las medidas lógicas; en la siguiente figura se ilustrarán algunos ejemplos, indicando

con trazo grueso las barras que trabajan a compresión y con fino las de tracción.

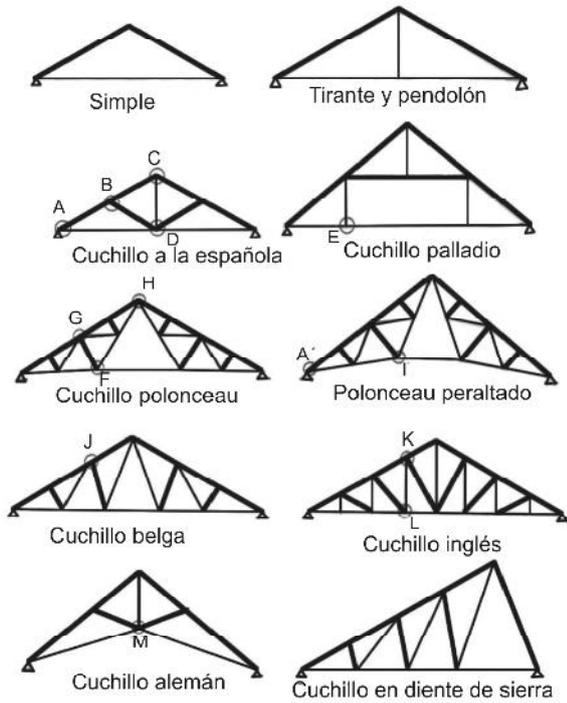


Fig. 9.61. Tipologías de cerchas.

La figura 9.63 representa un ejemplo de cercha en diente de sierra, estas son asimétricas y se utilizan en espacios que demanden de buena iluminación y poco asoleamiento, lo que se consigue orientando al Norte los faldones de máxima pendiente que irán acristalados o no; es muy importante para un país como el nuestro que las soluciones de canal se diseñen y ejecuten con precisión, de no ser así, en épocas de lluvias la estructura podría sufrir grandes daños.



Fig. 9.62. Cercha de madera aserrada con 20 m de luz aproximadamente.

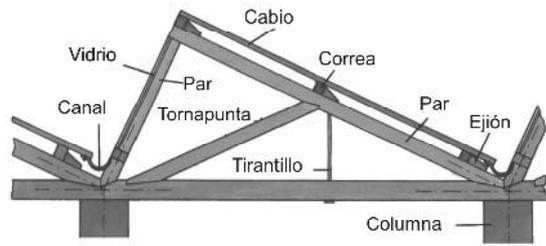


Fig. 9.63. Tipologías de cerchas.

**Nudos**

El encuentro de las barras en los nudos debe cumplir una serie de condiciones:

- Las uniones deben ser lo menos rígidas posible, pues el trabajo de las cerchas se basa en la articulación de sus nudos.
- Los elementos auxiliares deben ser lo más sencillos posible.
- Los esfuerzos deben equilibrarse, por lo que los ejes de las piezas que forman el nudo deben concurrir, a ser posible, en un punto.

Los diferentes nudos que se originan en las cerchas, los podemos tipificar en unos cuantos que se repetirán, con diferente sección de barras o ángulo de encuentro, pero con el mismo concepto de trabajo. Estudiaremos la disposición de estos nudos, distinguiendo entre uniones tradicionales y uniones modernas.

1. Disposiciones constructivas de nudos con uniones antiguas:

a) Unión de par con tirante horizontal. El nudo se resuelve con cualquiera de los ensamblajes vistos: espera sencilla, doble espera, doble espera asegurada con perno o con abrazadera.

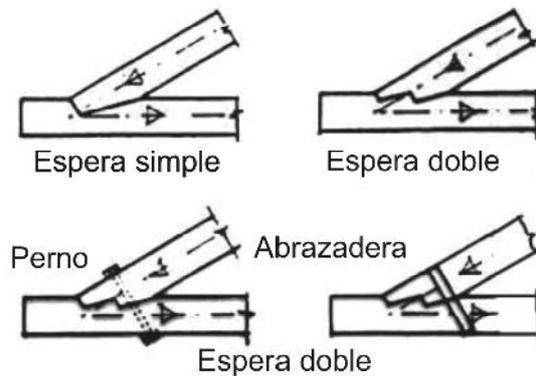


Fig. 9.64. Unión Par-Tirante.

b) Unión de tornapunta al par. A simple espera asimétrica o con una pequeña espera y pletinas.

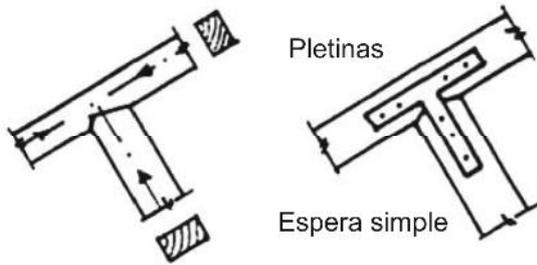


Fig. 9.65. Unión Par-Tornapunta.

c) Unión de los pares con el pendolón. El pendolón es pasante y los pares acometen a él con ensamble de doble espera, pudiendo hacer el cogote, de apoyo para la correa. Se puede reforzar con pletinas.

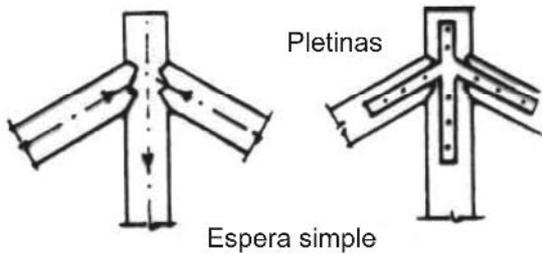


Fig. 9.66. Unión Par-Tornapunta.

d) Unión de tornapuntas y pendolón con el tirante. Aunque no haya concurrencia de ejes, la solución más constructiva y usada de siempre es el ensamble a doble espera de los tornapuntas en el pendolón y la unión del conjunto con el tirante en cola de milano a media madera o con estribo.

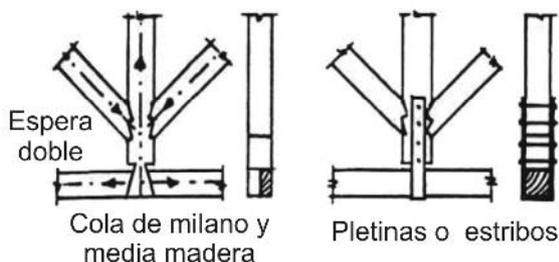


Fig. 9.67. Unión Tirante-Tornapunta-Pendolón.

e) Unión de péndola con tirante. Se realiza con ensamble en cola de milano a media madera o con estribo; no es recomendable debilitar la sección del tirante, la mejor solución es con estribos, ya que permite la utilización de la sección totalmente.

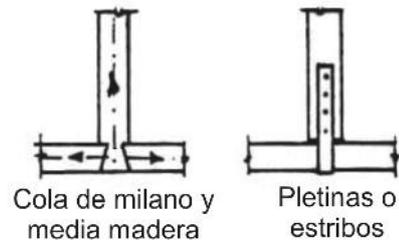


Fig. 9.68. Unión Tirante-Péndola.

f) Unión al tirante de la tirantilla y el tornapunta. La tirantilla se ensambla al tirante en cola de milano a media madera o bien con estribo. El tornapunta se ensambla por medio de esperas, procurando que no apoye en la tirantilla, pues la desequilibraría.

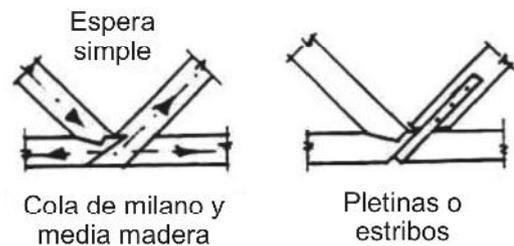


Fig. 9.69. Unión Tirante-Péndola.

g) Unión en el par de dos tirantillas y un tornapunta. La utilización de estribos puede crear algunos problemas por el cruce de los mismos. Dependiendo de los esfuerzos de las piezas, se puede realizar con las tirantillas en cola de milano a media madera, en que quedan muy debilitadas o cortando los pares y ensamblándolos a espera retrasada en las tirantillas, en que se disminuye la capacidad del par por no ser suficiente el cogote. La última debe reforzarse con pletinas.

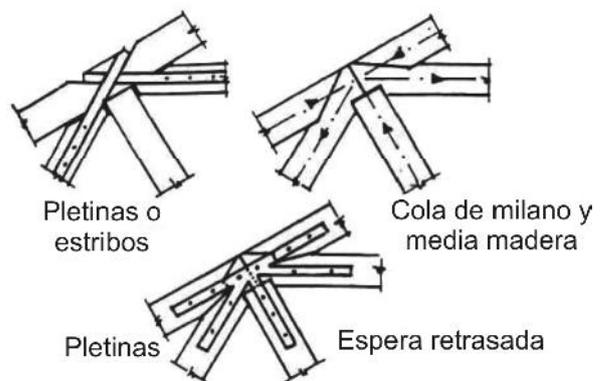


Fig. 9.70. Unión Par-Tirantilla-Tornapunta.

h) Unión en la cumbra de dos tirantillas con los pares. Se desplazan los ejes de las tirantillas.

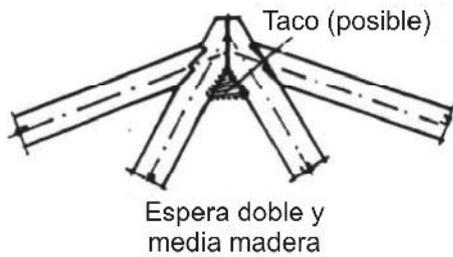


Fig. 9.71. Unión de Tirantilla-Par en la cumbre.

i) Unión de tirante quebrado con tirantilla y tornapunta.



Fig. 9.72. Unión de Tirante-Tirantilla-Tornapunta.

j) Unión en el par de tirantilla y tornapuntas. Puede ser con tirantilla pasante o con el par pasante.

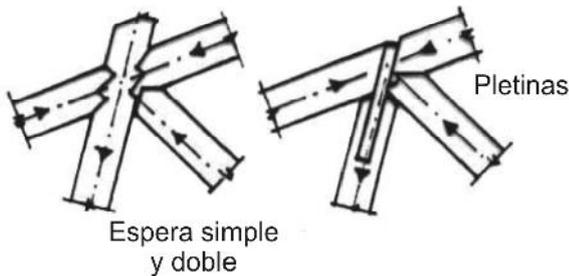


Fig. 9.73. Unión de Par-Tirantilla-Tornapunta.

k) Unión en el par de péndola y tornapuntas. Es similar al anterior, pero solo varía el ángulo de la pieza a tracción.

l) Unión en el tirante de péndola y tornapuntas. Igual al inciso g) variando el ángulo de la pieza a tracción.

m) Unión de Tirantes-Tornapuntas con pendolón. La unión de los tirantes y tornapuntas se hace a media madera y el pendolón se une con estribo.

El mejor aprovechamiento de la madera y del trabajo de una cercha se consigue sustituyendo algunas barras sometidas a tracción, por piezas metálicas (tensores), generalmente redondos.

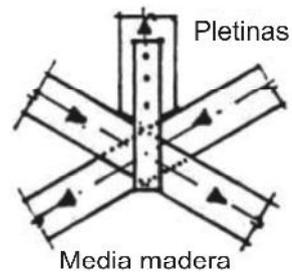


Fig. 9.74. Unión de Tirante-Tornapunta-Pendolón.

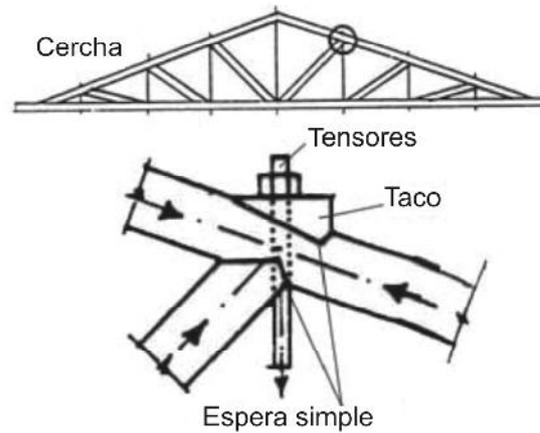


Fig. 9.75. Empleo de tensores en elementos de trabajo a tracción.

## 2. Disposiciones constructivas de nudos con uniones modernas:

Cuando las barras están sometidas a tensiones más bien pequeñas se pueden utilizar piezas simples unidas con placas y clavos. Si las tensiones son mayores conviene utilizar barras dobles o triples unidas por llaves o conectores.

Haciendo las barras dobles, triples, etc., directamente o a través de forros, conseguimos simetría de esfuerzos y un mejor reparto en las uniones, además de facilitar las mismas. Analicemos las posibilidades de solución de un nudo cualquiera: Par-Tirante, el par formado por dos piezas (se gana sección y, por lo tanto, inercia contra el pandeo) y el tirante por una barra. Otra vía sería con la misma sección de madera y superficie de conectores, con barras sencillas y forros exteriores, o barras dobles y forro interior. Sin embargo, si utilizáramos barra triple en compresión (par) y doble en tracción

(tirante), la sección de madera sería la misma pero la superficie de llaves o conectores serían dobles.

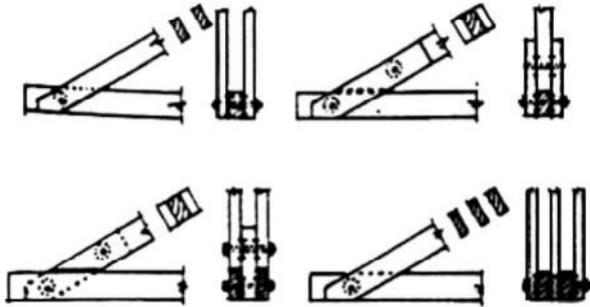


Fig. 9.76. Empleo de tensores en elementos de trabajo a tracción.

Las disposiciones constructivas de los nudos, con uniones de placas, llaves, etc., nos brindan, pues, todo tipo de posibilidades y deberán elegirse según las tensiones a que estén sometidas las barras, así como el tipo de madera, longitud de las piezas, construcción sencilla, etcétera.

### Otras estructuras inclinadas

La formación de los elementos inclinados que soportan la cubierta del edificio puede basarse no solo en cerchas, sino también en pórticos que normalmente son biarticulados o triarticulados. Los elementos que lo forman pueden ser triangulados, lineales rectos o circulares. La continuidad de esfuerzos entre los apoyos condiciona la rigidez del nudo A. La rigidez se basa en la indeformabilidad de los elementos triangulados y la gran inercia de la sección en A. La resolución de los ensambles es similar a las ya estudiadas. La continuidad de los esfuerzos a través de A se consigue también dando en el nudo la mayor sección posible a las piezas y haciendo que la unión tenga la mayor superficie de contacto, segundo caso.

Para ello utilizamos maderas laminadas con las que podemos conseguir la sección que deseamos, y hacemos que una de las piezas abraza a la otra, la unión se dispone en corona con clavos o pernos cuyo diámetro y reparto vendrá dado por el cálculo.

Es preferible que la pieza doble (la que abraza) sea el pilar por ganar inercia. Una buena solución sería el encolado total, con refuerzo de la unión con clavos o pernos.

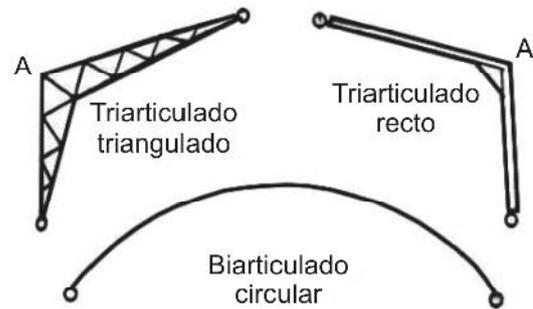


Fig. 9.77. Clasificación general de pórticos.

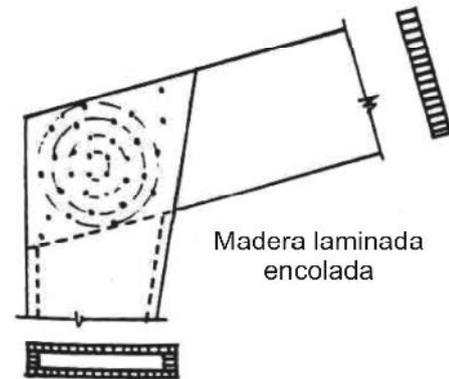


Fig. 9.78. Unión Columna-Viga para formar un elemento del pórtico recto.

El pórtico circular, sea de dos o de tres articulaciones, no tiene problemas de discontinuidad, por lo que bastará con que los elementos que lo componen tengan la sección adecuada en cada punto. Para ello, las piezas que componen el arco suelen hacerse de sección variable. La resolución de los nudos en articulación se consigue con unión que permitan o bien un cierto giro, semiarticulación, o bien un giro total, articulación.

La semiarticulación se utiliza cuando los esfuerzos y, por tanto, los momentos, tienen poca importancia. En el apoyo en cimentaciones se resuelve con placas y solo dos pernos en el eje de giro; en la clave con pletinas y pernos. Para cargas fuertes se utilizan articulaciones puras que se consiguen con ayuda de elementos metálicos auxiliares, en el apoyo y la clave.

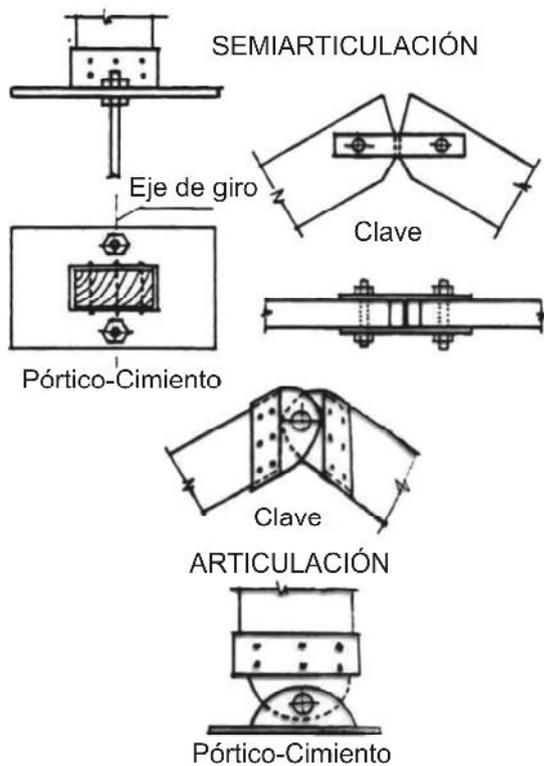


Fig. 9.79. Unión articulada y semiarticulada.

### Aleros

Podemos distinguir dos tipos de aleros según su cara inferior o sofito siga la inclinación del faldón o, por el contrario, sea horizontal.

En el primer caso, y si el vuelo es pequeño, el alero se forma por prolongación, en vuelo, de los parecillos o cabios. El espacio que queda entre los parecillos, se cierra con tabla de canto que se une a las cabezas de los tirantes formando un friso. Si el vuelo es mayor habrá que sujetar los parecillos para evitar su vuelco, esto se consigue con jabalcones o tornapuntas que apoyan sobre ménsulas individuales o piezas corridas, en el muro o con otros sistemas que refuerzan la sujeción.

En el segundo caso, es decir, cuando la parte inferior es horizontal, tendremos unos elementos de apoyo, llamados *canecillos*, que pueden o bien ser prolongación de las viguetas, o piezas exclusivas para la formación del alero. Si son prolongación no hay problemas de vuelco, y si son independientes el contrarresto se consigue haciendo que parte de la cubierta gravite sobre ellos. Para eso se dispone sobre los canecillos un estribo que sirve de apoyo a los parecillos.

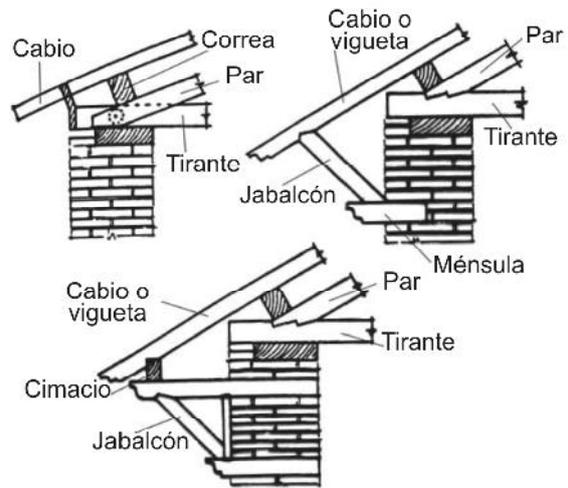


Fig. 9.80. Alero por la prolongación de cabios

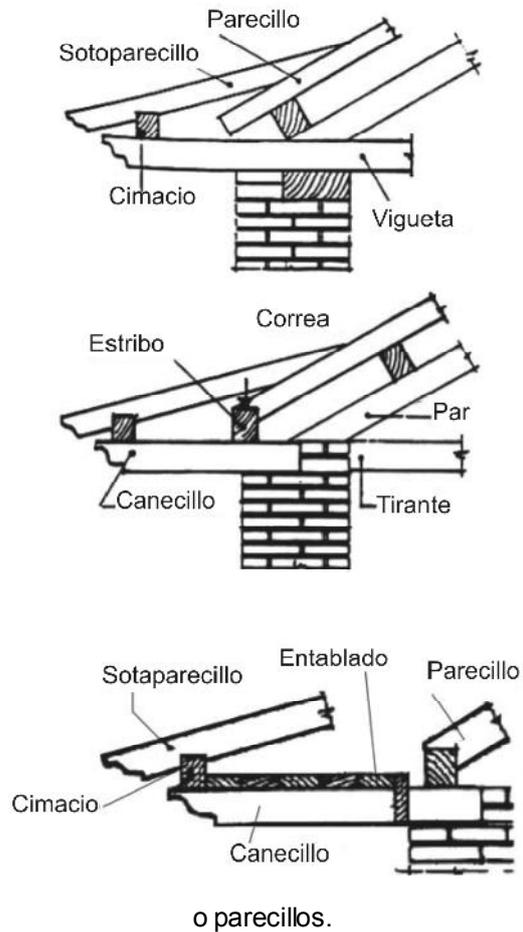


Fig. 9.81. Alero con apoyo en los canecillos.

En el extremo de los canecillos se coloca otro estribo *cimacio*, en el que apoyan los parecillos suplementarios, denominados *sotoparecillos*, los que prolongan el tejado hasta su extremo. El cambio de pendiente que se produce, tanto mayor cuanto mayor sea el vuelo, se denomi-

na *ensillado* de la cubierta. El sotaparecillo acomete al parecillo con corte oblicuo y se asegura con un clavo. Normalmente el alero queda rematado horizontalmente por un techillo de tablas, que acaba por una parte en el cimacio y por la otra en un friso o tabica que une los laterales de los canecillos.

Los canecillos se colocan a distancias de 50 a 60 cm; en el caso de esquinas se coloca un canecillo cerca de cada extremo y otro en la dirección de la esquina. También se puede disponer alero en los muros piñón volando las correas. Si no existen correas, se colocan canecillos en el plano que correspondería a las correas y, para que no vuelquen, se prolongan hasta el par más cercano ensamblándolos a él.

#### 9.4. Procedimiento constructivo

Como ya hemos visto, las construcciones que utilizan la madera en forma de columnas, cierres, vigas o armaduras, con el fin de integrar la armazón propia de la obra, las consideramos construcciones de madera. Este tipo de obra es un caso de estructura prefabricada, puesto que los distintos elementos componentes se confeccionan en talleres, con piezas de medidas más o menos fijas, para luego ser llevados a la obra para el montaje, por lo que este tipo de estructura requiere de un proyecto detallado y cuidadosamente replanteado.

El uso de estas estructuras está muy limitado en la actualidad, se utilizan en algunas viviendas económicas rurales, almacenes y obras de carácter temporal, o en el sector del turismo, donde sí adquiere cada vez más un marcado interés por razones históricas, culturales y ornamentales, destacándose el uso tanto de la madera rolliza como de la aserrada y la laminada encolada. Describiremos el proceso constructivo para la ejecución de una obra con elementos de madera.

Los elementos estructurales que se emplean son:

- Durmiente
- Horcones, columnas o postes
- Puntales o paraleles, riostras
- Soleras o vigas
- Tirantes
- Pendolón
- Tornapuntas
- Cumbreras

- Correas
- Cabios o viguetas
- Tablas

##### *Procedimiento constructivo*

##### 1. Colocación del durmiente.

Es un elemento de madera de sección rectangular variable según el ancho del muro (10 x 15 cm, 20 x 25 cm, 25 x 30 cm), que se coloca anclado a la zapata. Previamente se tuvo que dejar los anclajes correspondientes embebidos en la viga de zapata, como pernos o trozos de cabilla, *mochos*. Con el fin de proteger el durmiente de la humedad, se pueden colocar sobre la zapata una o dos capas de material asfáltico (fieltro inorgánico), una delgada lámina de cobre u otro material. Sobre esta pieza se apoyarán posteriormente los elementos verticales.

##### 2. Colocación de los horcones.

Se colocarán en las esquinas y demás puntos de carga principales. Se apoyarán sobre el durmiente mediante alguna de las formas de los encuentros vistos con anterioridad. Sus dimensiones también varían, de acuerdo con las características propias de la estructura, como esbeltez, número de niveles, cargas, etc. Se corresponden además con la sección del durmiente por razones constructivas y tienden a ser de sección cuadrada evitando el pandeo, además de su trabajo a compresión.

Cuando se apoyan los horcones de forma aislada (portales) se unen a bases o pedestal de hormigón de diferentes formas, se puede dejar en la base una barra (lisa fundamentalmente) de acero de 75 a 100 mm, la que se introduce en la zona central del horcón. Esta forma es cuando el apoyo se produce sobre la superficie del hormigón. Otra variante sería cuando se dejan planchuelas de metal en la base y se atornillan a los horcones. Cuando se empotren en las bases se deberá dejar una holgura de 12 mm por cada lado, de forma tal que no ocurra una unión rígida. Este se hace con el objetivo de evitar que se fisure o rompa la cajuela de hormigón debido a las dilataciones que sufre la madera con los cambios de humedad. Esa junta se sella con materiales asfálticos u otros.

##### 3. Colocación de soleras y tirantes.

Sobre los horcones y a nivel de la cubierta se colocan estas piezas, rematando en alturas lo que formarán las paredes de este tipo de construcción;

con sección entre 10 x 15 cm y 20 x 30 cm, también relacionadas con las secciones de los horcones y el durmiente. Sobre este cierre en la parte superior del muro apoyará la estructura de la cubierta, las soleras reciben a las viguetas, mientras que los tirantes soportan los tornapuntas, pendolones y pares.

#### 4. Colocación de parales y riostras.

Se colocarán unidas al durmiente y solera, o tirante según el caso. Estos elementos permitirán conformar los paramentos verticales o paredes del objeto de obra. Normalmente su espaciamiento es cada 60 u 80 cm, definiendo los espacios para las puertas y las ventanas. Las riostras son elementos inclinados que impiden la variabilidad de la estructura, conformando triángulos en esta.

#### 5. Enablado de paredes.

Para lograr el cierre del muro el próximo paso sería el enablado. Se realiza fijando tablas, de 1" de espesor generalmente por 15 ó 20 cm de ancho, sobre los parales y horcones mediante el clavado. La colocación es diversa, según se vio en los entramados verticales.

#### 6. Construcción de la cubierta.

Una vez colocadas las soleras y tirantes se procede a la confección de la armadura principal, colocando el pendolón y los pares, los cuales se arriostran posteriormente con los tornapuntas completando la unión con el tirante. A modo de rematar y unir los triángulos formados se colocan la cumbrera y las correas por toda la longitud, luego las viguetas o cabios y el enablado. Este último se cubre con una o dos capas de material impermeable (papel asfáltico), encima se le colocarán listones de madera de 25 x 50 mm espaciados entre 70 y 100 cm para conformar el *envaretado*, el cual recibiría por último las tejas. El envaretado tiene como objetivo crear una cámara de aire entre las tejas y la estructura de madera, permitiendo la ventilación de esta última.

#### 7. Cierre de vanos.

Como ya fue planteado, los parales y horcones pueden constituir los marcos para las puertas y ventanas, entonces se colocarán los elementos necesarios para la posterior fijación de los cierres. Es muy útil la modulación y repetición de estos elementos a lo largo de las fachadas, evitando así soluciones rebuscadas que dilatan y encarecen el proceso.

Si las paredes son de bloque o ladrillo se emplean los mismos elementos, pero la solera se une al muro de la misma forma que el durmiente a la zapata. En estos casos se le suele llamar a la solera viga paredaña. Esto es en el caso de las cubiertas. Si se construye entresijos se dejarán cajuelas en los muros para empotrar las viguetas.

## Bibliografía

- ACEVEDO CATA, J.: *Materiales de construcción*, Ediciones, La Habana, 1985, pp. 448-466.
- Biblioteca Atrium de la Carpintería*, Tomo 1, "Los materiales", Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.
- : Tomo 2, "El manipulado", Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.
- : Tomo 3, "Carpintería de armar y de taller", Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.
- : Tomo 5, "Nuevas aplicaciones", Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.
- Curso sobre la madera en la construcción*, (S.I.): FICYT: A.I.T.I.M., marzo, 1994.
- GUIGOU, C.: *La Madera*, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Las Palmas, Departamento de Construcción Arquitectónica, Gran Canaria, España.
- ISOBA, MAXIMILIANO: *Propuesta de norma cubana. Estructuras de madera aserrada y laminada encolada*, versión noviembre de 2002.
- MENÉNDEZ MENÉNDEZ, JOSÉ: "Construcciones de madera. El Material", *Revista Ingeniería Civil*, No. 4/84.
- PITA, SEVERINO: *La madera al servicio del arquitecto*, Editorial Contemporanea, Buenos Aires, 1949.
- ROBLES FERNÁNDEZ-VILLEGAS, FRANCISCO y RAMÓN ECHENIQUE MANRIQUE: *Estructuras de madera*, Ed. LIMUSA, México, 1991.
- SÁNCHEZ, RODRÍGUEZ, F.: "Introducción a las técnicas de construcción", Sección de Publicaciones Docentes de la Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, 1988.
- Tecnología de la madera*, Instituto del Libro, La Habana, 1968.
- Direcciones electrónicas:  
[gaetano@enet.cu](mailto:gaetano@enet.cu)  
[madera@promocionescaribe.com](mailto:madera@promocionescaribe.com)

## TEMA 10. COBIJAS DE GUANO

Las cobijas de guano han sido utilizadas desde antaño en nuestro país. Tanto el bohío como el caney, desde el arribo de los españoles hasta nuestros días, con sus transformaciones lógicas por el paso del tiempo, constituyen el vivo testimonio de ello. Clasificando entonces en lo que se da por llamar, un sistema constructivo *vernáculo*. Estas formas de cubierta han ido tomando mayor interés por lo que representan en cuanto a historia, cultura y tradición por el sector del turismo, realizándose objetos de obras que van desde la cabaña hasta los grandes ranchones; además de mantener su indiscutible liderazgo en la campiña cubana.

### 10.1. La palma

La palma ha sido por excelencia la fuente de materias primas para las construcciones rurales en nuestro país, obteniéndose de ellas el guano para cobijar y la madera para los cierres.

La familia de las palmáceas está conformada por plantas leñosas a menudo arborescentes y ramificadas con hojas en forma de penacho en el extremo del tallo alternas y de gran tamaño. Esta familia abarca más de 150 géneros y más de 1 500 especies. Se dice que después de las gramíneas es la más útil al hombre. Esta hipótesis es defendida ya que muchas de ellas son textiles; con sus hojas se fabrican esteras, cestas, sombreros, zapatillas, filtros; en algunas especies la yema terminal o cogollo es alimenticia; las palmas proporcionan también azúcar, miel, leche, proteínas, almidón, vino, aceite, fibras y otros productos.

Las especies más usadas para cobijar son la Palma Real y la Palma Cana.



*Palma Real*

Su especie es la *Roystonea Regia*. Es un árbol de hasta 40 m de alto con tronco blancuzco y fusiforme. De hojas de hasta 6 m con segmentos que salen en todas las direcciones y vaina de 1,5 m. Su fruto, el palmiche, produce aceite y es un alimento especial para los puercos. Es sembrada a menudo con fines ornamentales, además de tener gran significación en nuestro país por constituir el árbol nacional.



*Palma Cana*

Entre las especies más vistas en Cuba está la *Sabal Parviflora*; son palmas robustas de hasta 10 m de altura, con segmentos de hojas de 1,20 m y espádice de hasta 1,50 m, densamente apanojados y el pedúnculo corto. Presenta flores en estado seco de 3 mm y fruto de 1 cm de diámetro o poco más, con semilla de 7 a 8 mm y de color cocoa y brillante, su embrión ligeramente arriba de la parte media. Este fruto es muy nutritivo para los cerdos. Es una especie endémica que habita por toda Cuba, notablemente en la costa sur de La Habana y la Isla de la Juventud.

Otra especie de gran importancia en este grupo es la *Sabal Florida*, presentando características muy similares a su hermana la *Sabal Parviflora*. Es una palma robusta de 15 m o más de altura, con segmentos de hojas de hasta 1,3 m, espádices de 1,5 ó 2 m, flores de 5 mm, frutos de 1,5 cm de diámetro, semillas de hasta un centímetro de ancho y color negro y mate. El embrión ligeramente debajo de la parte media. Esta especie también es endémica y habita fundamentalmente en el noroeste de Cienfuegos, Villa Clara, Sancti Spiritus y otras provincias.

Existen otras especies dentro de la familia de las palmáceas que sirven para cobijar aunque no sean las más usadas, como: la Palma Boba o Palma Justa, la Palma Barrigona, la Jata de Guanabacoa, el Yarey Hembra y Macho, el Hediondo, la Jata Macho, la Enana y la de Costa, el Guano Campeche, la Palmita, entre otras.

## 10.2. Características de las cubiertas de guano

Las principales características que poseen las cubiertas de guano son:

1. Son muy frescas desde el punto de vista térmico.
2. Duración de 15 a 20 años, en dependencia de la cantidad y calidad del guano y su ejecución.
3. Es un sistema tradicional.
4. El guano y la madera son materiales muy combustibles.
5. El guano debe de cortarse en menguante para que no sea atacado por microorganismos. Esto constituye una costumbre y vieja tradición que se ha comprobado en la práctica.

6. Se deterioran con los cambios de temperatura y humedad, sobre todo con el agua, ya que el guano es un material orgánico.
7. Es resistente al embate de los vientos en dependencia del estado y fortaleza de la madera usada en la estructura y de la calidad con que fue ejecutada la cobija.
8. La estructura de madera es vulnerable al ataque de insectos y microorganismos.
9. La madera debajo del guano dura muchos años (hasta 50 años) siempre que no sea atacada por la humedad.
10. Son de fácil construcción porque no se requiere de medios auxiliares ni de técnicas complejas, solo es necesario el conocimiento básico de cómo construir la estructura de madera y luego cobijar, además de usar materiales naturales de fácil adquisición. La construcción de la cubierta de una vivienda promedio puede ejecutarse de tres a cinco días.
11. Son muy fáciles de desarmar o desmontar y puede realizarse hasta en una jornada.
12. Resiste muy bien la acción de los sismos.
13. Resistencia media a huracanes.

## Tipologías

Las tipologías más usadas en la vivienda campesina son las cubiertas a dos aguas y a cuatro aguas o vertientes. Existen otras tipologías que van desde un cono hasta otras estructuras más originales, están basadas en el diseño más complejo de la estructura de madera y no son usadas en la vivienda campesina, sino que se usan generalmente en obras para el turismo, un ejemplo de ello es la estructura circular tipo sombrilla que se muestra en la fotografía.

Las cubiertas a dos aguas poseen una estructura de madera más sencilla que las de cuatro aguas y consumen menos guano, ya que por cuestiones estéticas se le da menor pendiente. Como su nombre lo indica, están formadas por dos bota aguas en el sentido perpendicular a las soleras y en las dos culatas, bajo las tijeras, se coloca un entablado de madera para rematar y cubrir los triángulos que se forman y para que no penetre el agua por esa zona. El vértice donde se unen las dos aguas de esta cubierta se cubre con guano de Palma Real, papel de techo, zinc, sacos de nailon, etc.; a esta zona se le nombra caballete. El entablado se realiza con las tablas de la Palma Real o de

cualquier otro tipo de madera al igual que las paredes exteriores de la edificación.

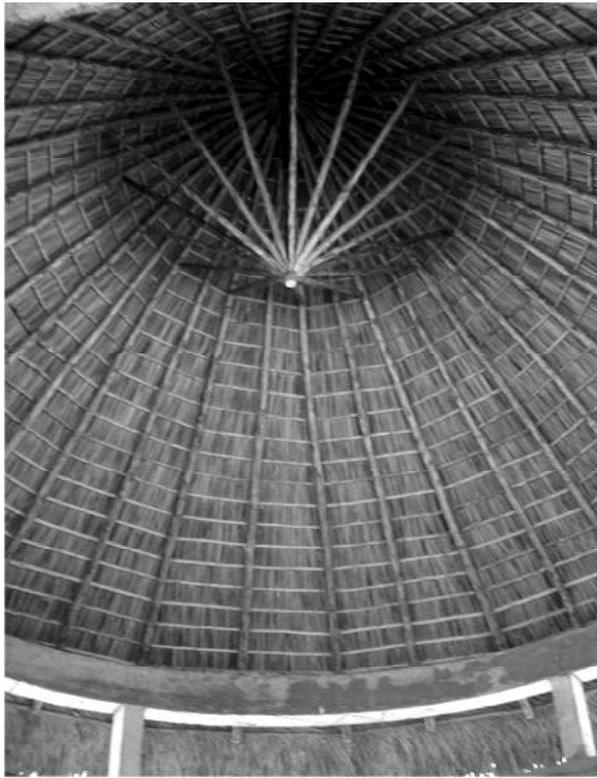


Fig. 10.1. Cobija sobre estructura circular.

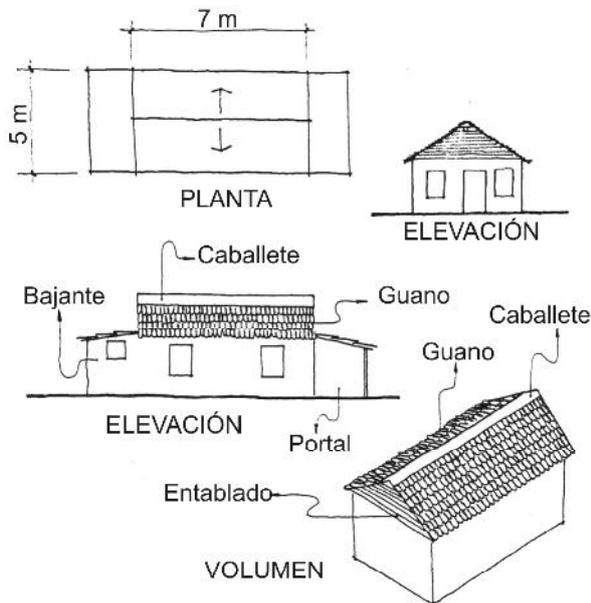


Fig. 10.2. Cobija de guano a dos aguas.

Las cubiertas a cuatro aguas están formadas por dos aguas menores (conocidas como culatas) y dos aguas mayores. Estas se disponen en los cuatro sentidos de la edificación. El vértice donde se unen el agua menor con la mayor en toda su longitud se le denomina cuchillo, este aparece en las cuatro esquinas de la edificación. El vértice superior donde se unen

los dos planos mayores de cubierta en la edificación se le denomina caballete y se le cubre o remata igual que la cubierta de dos aguas. La estructura de madera que soportará la cubierta en este caso resulta más compleja que la anterior, ya que se usan nuevos elementos como los limetones, que cubrirán las culatas. Tanto la madera rolliza como la aserrada podrían bien ser utilizadas en la confección de la misma.

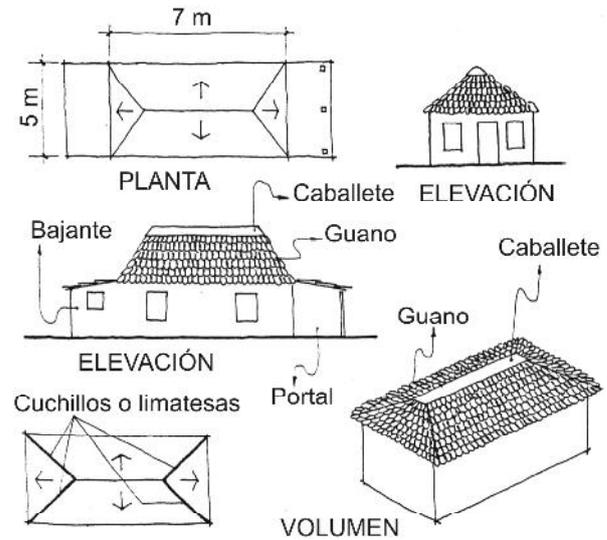


Fig. 10.3. Cobija de guano a cuatro aguas.

### 10.3. Preparación de los materiales

En el momento de cortar el guano cana deben escogerse las hojas más sanas y verdes, ya que en ocasiones las palmas adultas presentan ramas medio secas y maltrechas que no resultan buenas para la cobija. El corte del guano cana se realiza diferente en dependencia si el guano es de pie o de alto.

Guano de pie es aquel que se puede cortar desde el suelo sin necesidad de subir a la palma, ya que esta se encuentra en su etapa más temprana (renuevo) o sus hojas no pasan de los dos metros de altura. Este guano se corta con machete, tratando de dejar la paleta lo más larga posible.

Guano de alto es aquel en que la palma es adulta y alcanza hasta 15 m de altura, para cortarlo se necesita de algún medio auxiliar para subir como escaleras, trepaderas y espuelas, para después cortarlo con un machete. También se usan varas con un dispositivo cortante en su extremo, que dándole un tirón hacia abajo la

hoja del dispositivo corta la paleta del guano, el mismo se debe cortar con la paleta lo más larga posible (fig. 10.4).

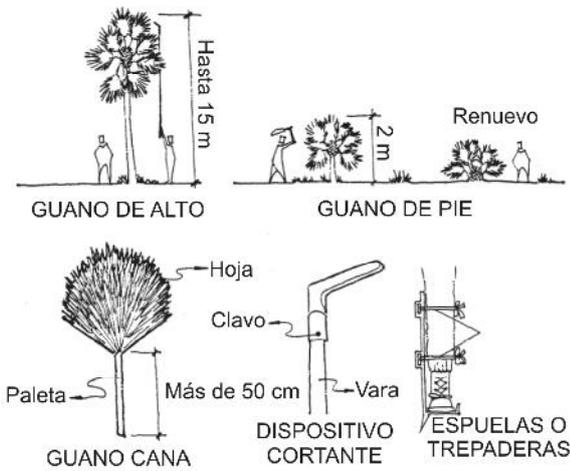


Fig. 10.4. Guano cana de alto y de pie.

Para obtener la hoja de Palma Real hay que usar también medios auxiliares como las trepaderas, para subir en ocasiones hasta 40 m. El corte se realiza con un machete u otro medio cortante preparado al efecto. Las dos terceras partes de la hoja desde el extremo hacia el tronco son las utilizadas en la cobija, esta sección debe medir más de dos veces el espaciamiento entre cujes, dando así dos o tres puntos (segmentos de hoja) para cobijar de acuerdo a su largo y calidad.

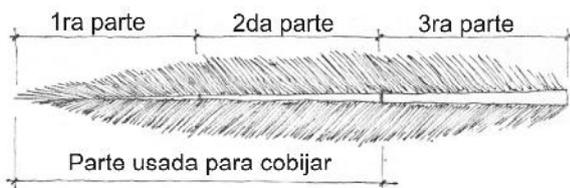


Fig. 10.5. Hoja o penacho de Palma Real.

En todos los casos el corte se debe efectuar en época de sequía, recordemos que así existirá menos concentración de almidones, azúcares o sabia en general en las fibras y vasos de la planta. Es costumbre y sabiduría popular realizar el corte en la fase lunar Cuarto Menguante, en estos días las mareas también se comportan relativamente bajas y, además, cortar temprano en la mañana para evitar el sol y con él los procesos de fotosíntesis de las plantas.

Para transportar el guano cana y la hoja de la Palma Real después de cortado, se pueden

usar distintos medios, ya sea de tracción animal como motorizados. Es necesario colocar las ramas sobre el vehículo cuidadosamente y de forma tal que ocupe la menor cantidad de espacio posible, evitando al máximo provocar daños en su estructura.

Después de cortado, el guano debe secarse al sol para que no le caiga moho ni se pudra. Cuando el guano es colocado y amarrado sin ser secado antes tiende a deteriorarse rápidamente. El tiempo de secado necesario está entre tres y cuatro días, es imprescindibleregar las pencas por el terreno de forma tal que no queden unas sobre otras y así se garantiza un aseoleamiento uniforme y total, es útil además girar los penachos y verificar el secado por una y otra cara. En caso de que llueva cuando el guano este regado no es necesario recogerlo, pues posterior a la lluvia se seca con gran facilidad.

Cuando las pencas están completamente secas se recogerán formando pilas o montones y deben colocarse lo más cerca posible de la edificación que se cobijará y clasificadas por tamaño, facilitando el proceso de montaje. Este almacenamiento temporal debe ejecutarse con el mayor cuidado y así no producir daños en las pencas.

La madera se obtendrá de la manera explicada en los temas anteriores, en este caso particular es muy utilizado la madera rolliza y, en ocasiones, la aserrada para lograr mejores uniones en la estructura.

## 10.4. Procedimiento constructivo

La construcción de la estructura de madera para cobijar con guano es muy similar a las estudiadas en el tema de entramados inclinados. El proceso general, tanto para la ejecución de cubiertas a dos o cuatro aguas, está estructurado en tres etapas fundamentales:

1. Montaje de la estructura de madera
2. Colocación del guano (cobija)
3. Colocación del caballete

Describiremos solamente el proceso constructivo para la ejecución de la cobija a cuatro aguas, ya que tanto para esta como para la de dos aguas, los pasos a seguir se repiten.

## Montaje de la estructura de madera

Se describirá el proceso constructivo del montaje de la cubierta o entramado inclinado netamente, suponemos que los paramentos verticales se resolverán con los métodos explicados en el tema anterior, en estos casos con el uso fundamentalmente de la tabla de palma para la solución del entablado de cierre. Entonces, una vez colocados los durmientes y los horcones que soportarán la estructura de la cubierta, estamos preparados para acometer el montaje.

### Montaje de soleras y tirantes o llaves

Estas vigas constituyen la base de la estructura de cubierta, son las encargadas de transmitir los empujes que llegan de esta a los horcones, de ahí a los cimientos hasta llegar al terreno.

Las llaves son los elementos viga de sección cuadrada aproximadamente de 12 cm de lado, que corresponden al par de lados más cortos de la planta, *culata*. Tiene la función de arriostrar las dos soleras, las que quedarían para los dos lados en el sentido longitudinal. La solera tiene casi siempre igual sección que la llave, pero como ya se explicaba, siempre tienen mayor longitud que estas. Existen dos posibilidades de colocar estos elementos en función de la distribución espacial de la planta, específicamente en la concepción de portales y bajantes para la ubicación de cocina, baño o cuarto de desahogo; estas son con las llaves por encima de las soleras o viceversa (fig. 10.6).

### Construcción de las tijeras

Las tijeras son el elemento triangular que recibe toda la carga de la estructura y la trasmite a la solera y de esta a través de los horcones al suelo; se construye por lo general de madera rolliza de aproximadamente 10 cm de diámetro.

Existen dos valores de pendiente o guinda límites, que son los más usados en estas cubiertas, valores intermedios también podrían funcionar. Estos son:

- Valor máximo de pendiente:

Tres cuartas partes del ancho de la edificación, o longitud de la llave, con una relación 1:0,9, aproximadamente 48°.

- Valor mínimo de pendiente:

Dos tercios del ancho de la edificación, o longitud de la llave, con una relación 1:1,1, aproximadamente 41°.

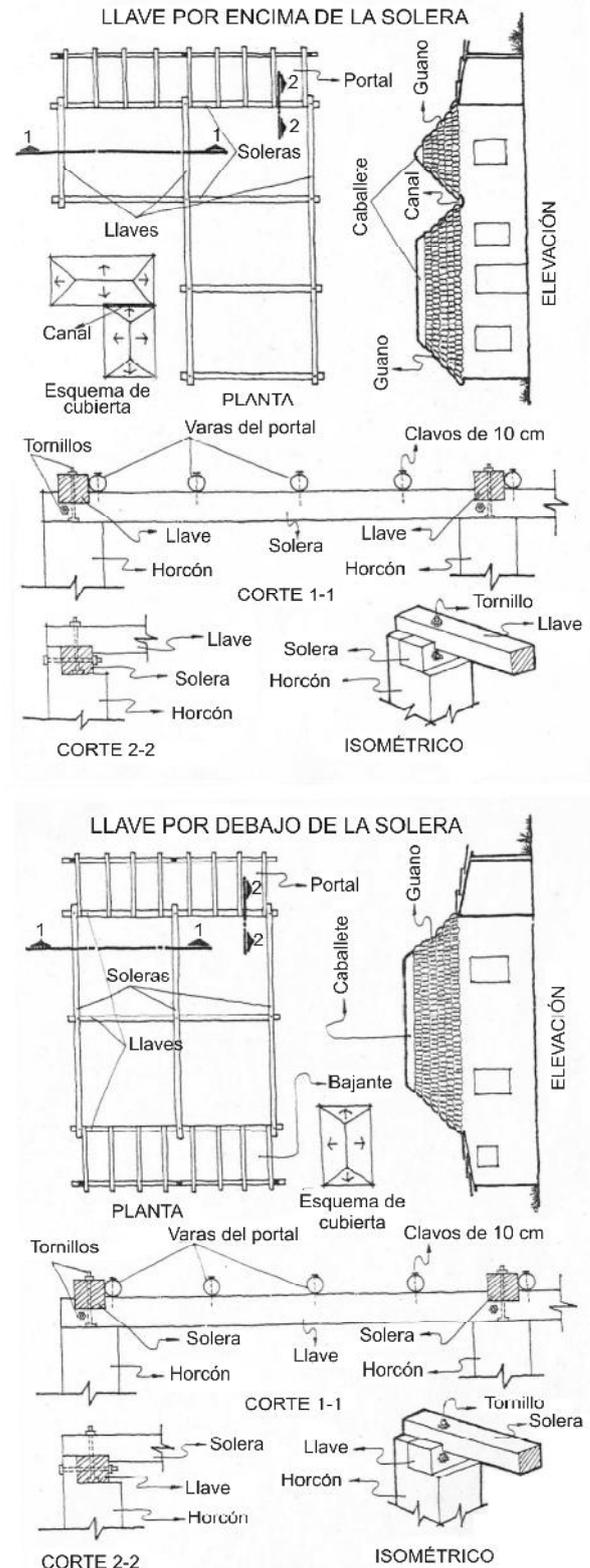


Fig. 10.6. Montaje entre las soleras y llaves o tirantes.

Cuando se construye cubiertas con una pendiente cercana al valor máximo se garantiza una mayor vida útil, pero estas tienen dos inconvenientes, y es que mientras mayor pendiente tenga la edificación mayor cantidad de

guano es necesario para la cobija y, por otra parte, se afectaría la estética.

Para su construcción primeramente se toma la distancia que existe de cara exterior a cara exterior de la solera, que es lo mismo que la longitud de la llave. Esta distancia se mide en el suelo y se clavan dos estacas. Posteriormente esta medida se multiplicará por dos tercios, tres cuartos o cualquier valor intermedio, y el resultado va a ser el radio que se tomará para trazar dos arcos que tendrán su centro y origen en cada una de las estacas ya clavadas. En el punto donde se corten los dos arcos se clavará una tercera estaca que es la encargada de definir el ángulo de las tijeras.

Después de tener clavadas las tres estacas se procede a realizar muescas en los extremos de los pares de la tijera para garantizar un mejor apoyo de estos sobre la solera y una mejor unión. Luego hacemos coincidir las muescas de cada uno de los pares con las dos primeras estacas, cruzándolos en dirección de la tercera estaca de manera que la rodeen. Con esta amplitud se procede a atornillar el vértice de la tijera y seguidamente se le coloca el tranque que se ubica en el centro de la pieza, fijándose así el ángulo definitivo (fig. 10.7).

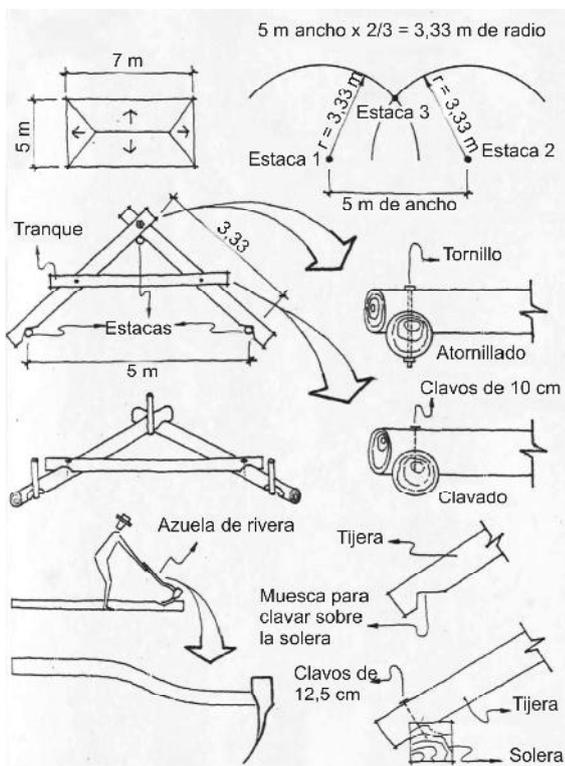


Fig. 10.7. Diseño y construcción de las tijeras.

### Montaje de las tijeras

Para montar las tijeras sobre las dos soleras se necesitan tres o cuatro hombres como mínimo y con ayuda de una soga. Por el interior de la edificación se coloca la tijera invertida, de forma tal que sus dos extremos apoyen encima de la solera, después se amarra la soga en el vértice de esta y se hala hacia arriba para llevarla a la posición deseada. También puede usarse una grúa en caso de poseerla.

Después de que se halla montado la primera tijera se pasa a clavarla a la solera por sus extremos, así como se arriestra por medio de charranchas provisionales o pie de amigo. Colocada la primera tijera se pasa a ejecutar las demás de la misma manera, estas se espaciarán a 3 ó 4 m una de otra.

En las cubiertas a cuatro aguas la distancia que debe haber entre la primera y la última tijera a los lados menores de la edificación es del rango de 1,2 y 1,5 m, en dependencia de la pendiente o guinda que se le quiere dar a las dos aguas menores o culatas.

### Colocación de la cumbrera y los zunchos

El próximo paso sería la colocación de la cumbrera, esta es el elemento de madera que va coronando la estructura sobre los vértices superiores de cada una de las tijeras a todo lo largo desde la primera hasta la última, ella recibirá las varas o viguetas y transmite las cargas a las tijeras. Por lo general se construyen de madera rolliza de aproximadamente 10 cm de diámetro.

Posteriormente se procede a la colocación, de manera similar de los zunchos o correas, que son los elementos horizontales que van clavados sobre los extremos de los tranques de las tijeras, sobre los zunchos, al igual que la cumbrera, se apoyan las varas o viguetas, las que se pueden clavar o no a estos. Casi siempre se emplea madera rolliza de aproximadamente 8 cm de diámetro.

Cuando el elemento no tenga la longitud suficiente se empalma con otro igual hasta alcanzarla, las uniones estudiadas, tanto antiguas como modernas, nos pueden ayudar a la solución de estos problemas. Elementos como las llaves que trabajan a tracción, funcionarían mejor si fueran enterizos, si no, se recomienda la unión mediante pernos.

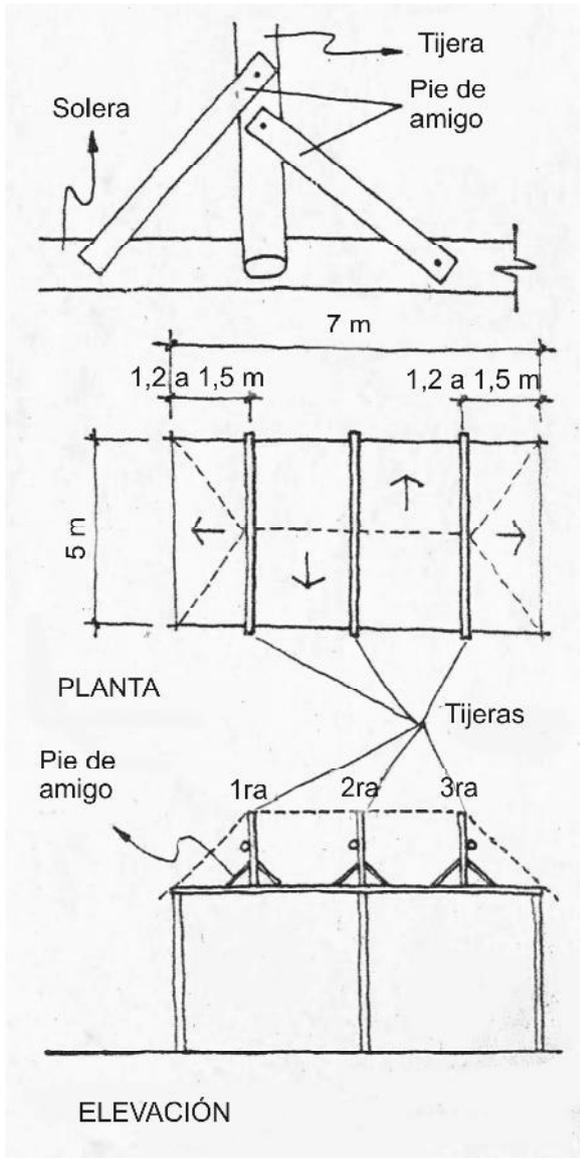


Fig. 10.8. Montaje de las tijeras.

*Colocación de limetones*

El limetón es el elemento de madera que se utiliza para conformar la pendiente de las dos aguas más pequeñas o culatas, además, es el elemento que arriostra la estructura, o sea, es el que impide el movimiento de rotación de las tijeras. Por lo general se construye de madera rolliza de aproximadamente 10 cm de diámetro.

Los limetones se colocan clavados por un extremo al centro de la llave y por el otro extremo se colocan atornillados al vértice superior de la tijera. El tornillo de las dos tijeras de extremo es más largo que el de las tijeras intermedias, ya que no solo une las dos piezas de la tijera, sino que además resuelve la unión de este elemento con el extremo superior del limetón. Después de haber fijado los limetones se procede a quitar las carranchas o pies de amigo provi-

sionales que arriostraban en un primer momento a las tijeras (fig. 10.10).

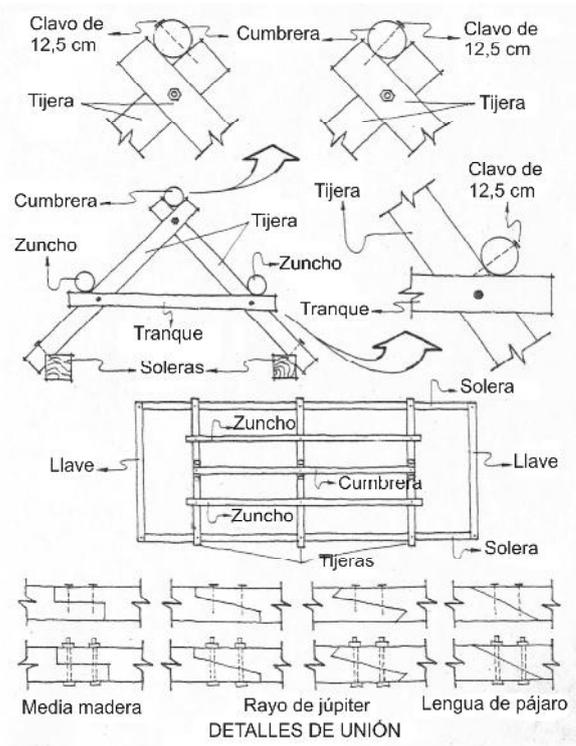


Fig. 10.9. Colocación de la cumbrera y los zunchos.

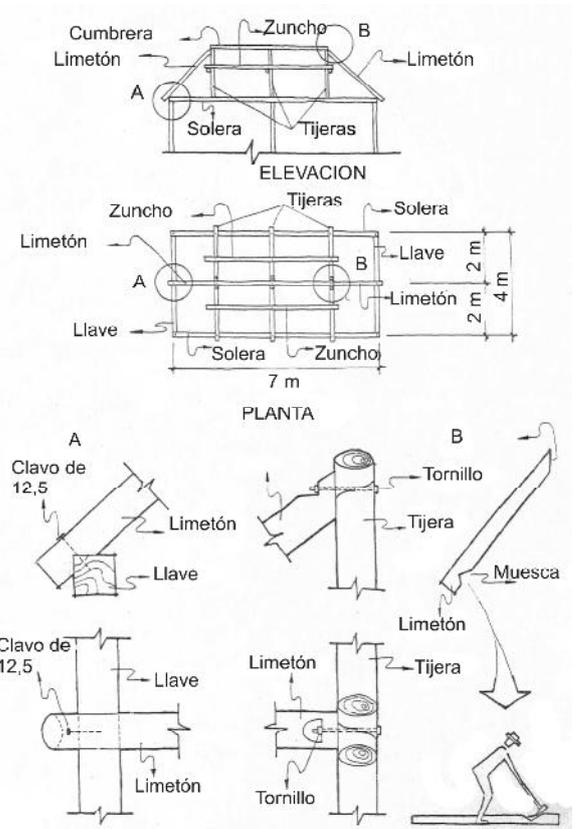


Fig. 10.10. Colocación de los limetones.

*Colocación de las varas o viguetas*

Las varas son los elementos de madera que van a soportar todos los cujes, son las que les transmiten las cargas a la cumbrera y los zunchos. Por lo general son de madera rolliza de 8 cm de diámetro aproximadamente.

Después de haber colocado los limetones se procede a la colocación de las varas o viguetas. Las varas o viguetas se colocan de la forma siguiente: su extremo inferior va clavado sobre la solera, el extremo superior a la cumbrera y puede clavarse o no al zuncho. Las varas van colocadas en la cubierta espaciadas a 60 cm; no imposibilita su uso el hecho de poseer desviaciones a lo largo de su recorrido, es decir, no necesariamente serán rectas en extremo (fig. 10.11).

*Colocación de los cujes*

Los cujes son aquellos elementos de madera rolliza o de sección cuadrada sobre los cuales se va a colocar (amarrar o clavar) el guano. Por lo general su diámetro y/o espesor está entre los 4 cm. Los cujes se colocan clavados a cada una de las varas o viguetas. Deben ser de madera rolliza si el guano se va a colocar sobre este amarrado con soga o renuevo (cogollo) de Palma Real y de madera con sección cuadrada (listones) cuando el guano va a ser clavado. Los cujes se colocan espaciados a 25 cm, el primer cuje (de abajo) se coloca encima de las soleras y llaves de extremos y el último (sobrecumbrera) encima del vértice que forman las varas sobre la cumbrera y va desde la primera tijera hasta la última. Luego se toma la distancia que existe desde el primer cuje hasta el último y se divide entre el espaciamiento para obtener el número de cujes que serán necesarios, estos serán igual al cociente más uno. El cuje se coloca de forma tal que le de la vuelta a la cubierta y regrese nuevamente a su origen. En los extremos de las varas se coloca un cuje que tenga mayor diámetro que los restantes (8 cm), conocido como *botaguano*, para levantar el guano en el alero y hacerlo mayor. La longitud de los clavos a utilizar en los cujes es de 7,5 cm (3") y en el botaguano de 10 cm (4").

El último cuje o sobrecumbrera es aquel en donde descansan las paletas de guano que se amarró o clavó en los dos cujes que le anteceden, encima de la sobrecumbrera no se clava

el guano como sucede con los demás cujes, como su nombre lo indica va por encima y a todo lo largo de la cumbrera y se clava en la intercepción de las varas, sobre cualquiera de las dos varas.

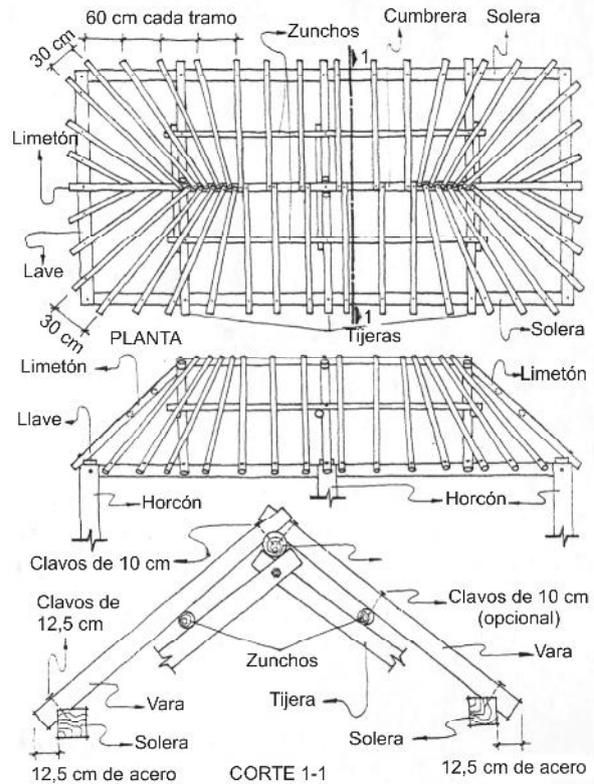


Fig. 10.11. Colocación de las varas o viguetas.

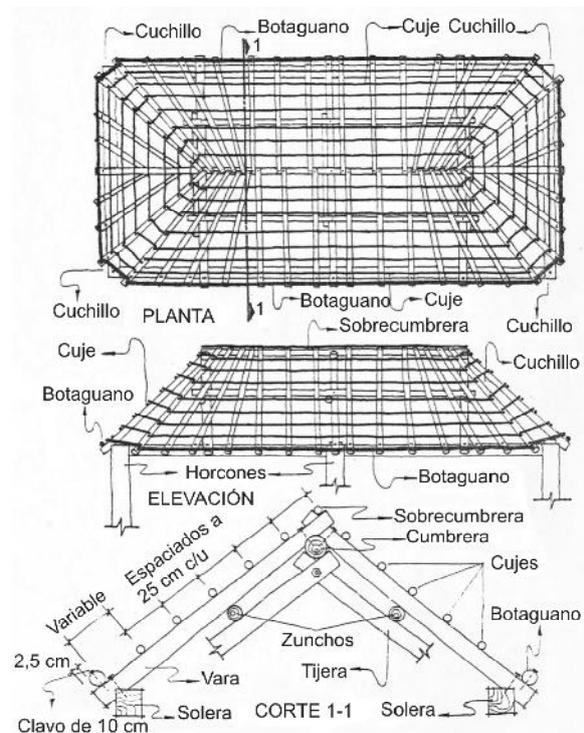


Fig. 10.12. Colocación de los cujes.

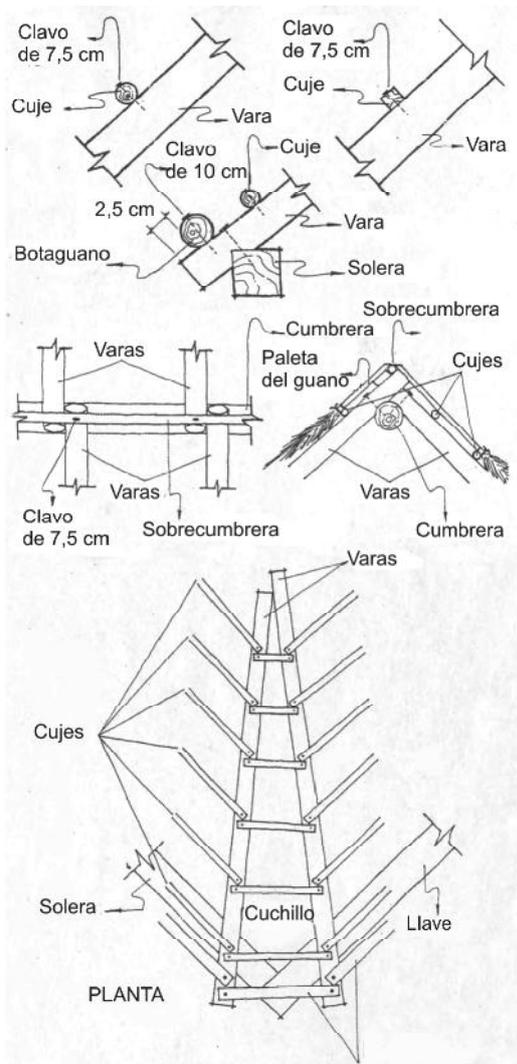


Fig. 10.13. Detalle de colocación de los cujes.

En las cubiertas a cuatro aguas las aristas donde se unen un agua mayor con una menor, o viceversa, se le denomina cuchillo. Como estas aristas son imposibles de cobijar por el ángulo que poseen se trata de suavizar usando dos varas que van colocadas en las esquinas de la edificación donde se unen las llaves y soleras exteriores o de extremo. Esta zona se cobijará doble al igual que el segundo y el penúltimo cuje.

### Colocación del guano

Cobijar no es más que colocar (amarrar o clavar) las hojas de Palma Real o el guano cana sobre la estructura de madera.

Para cobijar es necesario que el guano pierda se verdor (esté seco), y momentos antes de la cobija este debe de almacenarse en pilas diferentes de acuerdo al largo de la paleta, las largas a un lado y las cortas a otro.

Se recomienda que la cobija se realice por la mañana (con la fresca) para que el guano esté más dócil. Para cobijar se necesita la mayor parte de los hombres sobre la cubierta realizando esa labor, un número menor alcanza el guano a los demás y otros para traer el guano desde el exterior al interior y apilarlos ya clasificados. Los hombres que se encuentran alcanzando el guano desde el suelo pueden realizar esta actividad con solo levantar la mano cuando se están cobijando los tres primeros cujes, a medida que se avanza en altura es necesario el empleo de medios auxiliares para poder alcanzar el guano, como andamios u otras estructuras temporales.

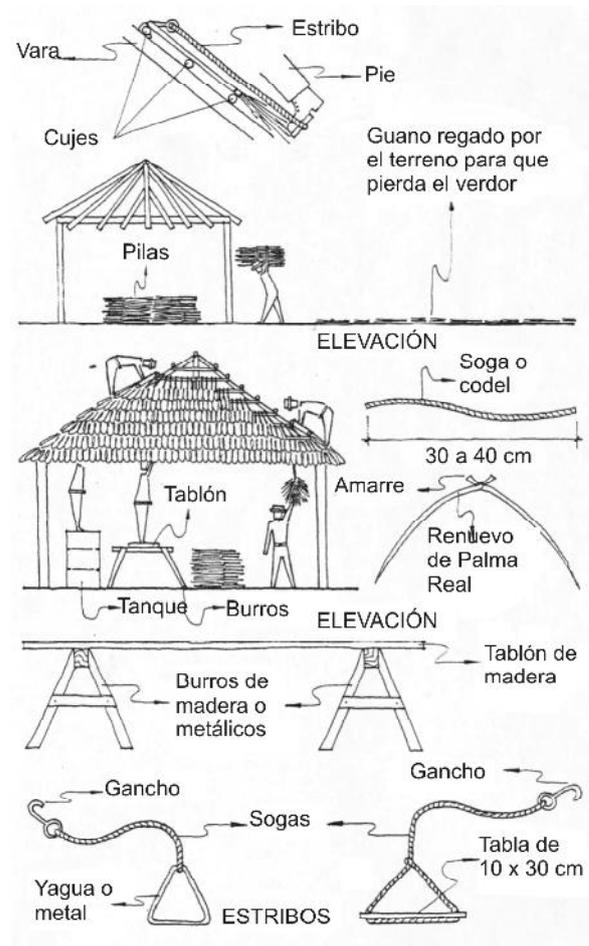


Fig. 10.14. Recomendaciones y medios auxiliares.

Los cobijadores necesitan subir a la cubierta con el material para amarrar (soga o renuevo de Palma Real) colocado en el cinto o fajín y con una vaina en la cintura con su respectivo cuchillo para cortar las paletas del guano y el estribo, que es un elemento fundamental ya que sirve para apoyar uno de los pies durante la cobija y evitar así un accidente.

Existen dos tipos de cobija: la cobija apretada y la menos apretada, en dependencia de la cantidad de guano u hoja de Palma Real a colocar y de las exigencias en términos de vida útil. Las cobijas apretadas duran más, el hecho de poseer mayor volumen de guano las hace más permeables y resistentes.

La cubierta apretada es la que entre paleta y paleta no deja espacio, o solo el necesario para permitir el amarre. En el primer caso hay que levantar la paleta que está a la derecha para poder amarrar, así como con la que está a la izquierda (estas paletas son las que se amarraron al cuje anterior); en el segundo caso hay que meter los dedos entre las paletas para poder atar los dos extremos del cordelo del renuevo de Palma Real.

En estos dos casos de cobija apretada se demuestra que este tipo es mucho más difícil de realizar y más prolongada su ejecución que la de menos apretada, además, este tipo de cobija puede dañar las manos a los cobijadores y, cuando colocamos el guano apretado desde los primeros cujes al llegar a los últimos, prácticamente no se pueden colocar los cujes a tope porque no caben, producto a la forma que tienen las dos aguas que van de mayor a menor; cuando esto sucede se realiza una operación llamada matar puntos, que depende de la inteligencia y práctica del cobijador y que consiste en unir las paletas de un mismo cuje por sus extremos y sobre estos amarrar al cuje el guano que le sigue.

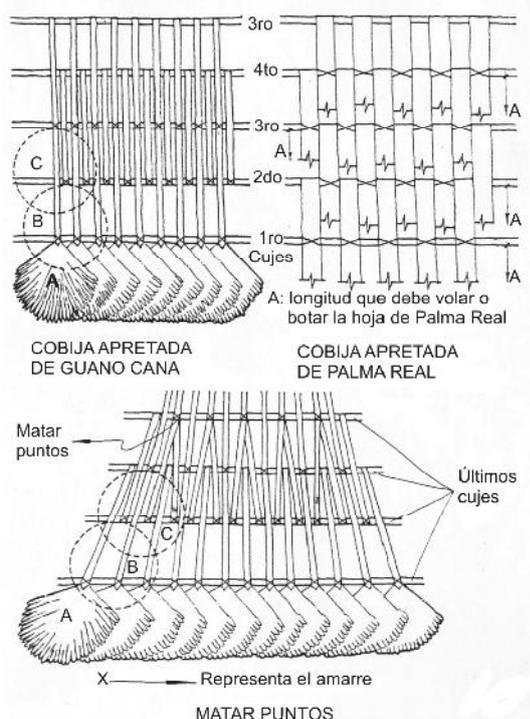


Fig. 10.15. Colocación de la cobija apretada.

La cobija que se realiza clavando el guano al cuje es la que con mayor facilidad se puede realizar apretada, ya que el simple hecho de clavar elimina lo difícil de amarrar las paletas.

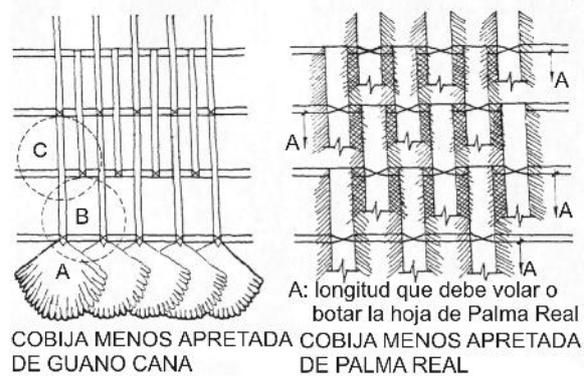


Fig. 10.16. Colocación de la cobija menos apretada.

La cobija menos apretada es aquella que entre paleta y paleta queda un espacio de 6 cm como máximo y facilita mucho más la operación de amarre, se realiza más rápido y cómodo, y se requiere de menor cantidad de guano. Esta variante tiene como inconveniente que queda menos tupida, lo que provoca filtraciones en menor tiempo, afectaciones a la estructura de madera y, con ello, se acorta su vida útil.

La longitud que debe votar o volar la hoja de Palma Real del amarre hacia abajo debe ser mayor que dos veces el espaciado entre cujes (65 cm). Esto da como resultado que la longitud total de la hoja para cobijar o punto es mayor que tres veces el espaciado entre cujes (90 cm). Se utiliza esta dimensión para que haga mayor colchón de hojas, así la cubierta es más impermeable quedando cubierta la zona de amarre.

Los renuevos de Palma Real usadas para amarrar se cortan y se ponen al sol un día antes de la colocación, después se puede cortar sus flecos y amarrar dos de ellos por sus extremos más gruesos para que ofrezca el largo suficiente.

Lo complejo que resulta cobijar la zona de cuchillos y culata implica que un número pequeño de cobijadores se especialice en estas partes de la cubierta.

Cuando el guano cana no tiene como mínimo 50 cm de largo de paleta, no se puede utilizar como en el caso de la cobija normal y la luciana, donde se amarra en un cuje y su paleta pasa por los dos siguientes. En este tipo de cobija el guano se amarra en un cuje y la paleta se corta

en el cuje que le sigue, ya que no alcanza para llegar al próximo.

Este tipo de cobija no es recomendable porque dura menos que las mencionadas anteriormente, pues no queda fuerte y sus paletas son tan cortas que el guano está sujeto a romperse, desamarrarse o levantarse debido a la acción de los fuertes vientos. En esta forma donde el guano tiene estas características hay que cobijar doble el segundo y penúltimo cuje, y cuando el guano además de tener su paleta corta tiene la hoja pequeña o poco desarrollada, ya sea producto de la edad o la salud, es recomendable cobijar con guano doble toda la cubierta.

Esta cobija, al igual que las dos anteriores, también se puede realizar apretada y menos apretada, pero por las características de este guano se recomienda que sea apretada.

El amarrado del guano de Palma Cana se realiza de la forma siguiente: se toma a partir de donde nace la paleta 2 ó 3 cm hacia abajo, en ese lugar (en la parte del hombro más alto) se perfora la hoja y se introduce uno de los extremos del cordel o del renuevo de Palma Real y se pasa por encima del hombro más pequeño, posteriormente se pasan por encima del cuje y se toman por debajo, después se aprieta el guano poniendo el pie encima, se tiran los extremos del cordel o renuevo de Palma Real y se realiza el amarre por encima del mismo. En el caso de la hoja de Palma Real se realiza de la misma forma la operación, con la diferencia que esta hoja no tiene la misma ramificación que el guano cana.

### Colocación del caballete

El caballete es aquella arista donde se unen las dos aguas ya sea en cubiertas de dos aguas, o a cuatro aguas, es la zona comprendida entre el penúltimo cuje y el último (sobrecumbreira) que no queda cobijada y solo queda cubierta por las paletas del guano, esta zona de la cobija por no tener protección se cubre con elementos de yagua de Palma Real, cartón de techo, nailon o cualquier tipo de material impermeable y resistente al interperismo, pero dentro de estos materiales el más usado tradicionalmente es la yagua, porque se integra muy bien a la cubierta en cuanto a color, textura y diseño.

Primeramente, para confeccionar la protección del caballete hay que hacer un marco de madera o metal que puede ser calvado o amarrado con alambres en el primer caso y amarrado en

el segundo. El largo y el ancho del marco puede ser determinado incluso encima del caballete, los materiales y formas de unirlos brindan esta posibilidad.

Este marco debe tener de 50 a 70 cm de ancho y de largo debe tener la longitud del caballete más 20 cm aproximadamente, el marco más usado es el que se construye con la madera, que puede ser rolliza o de sección cuadrada, porque al igual que la yagua se integra muy bien a la cubierta.

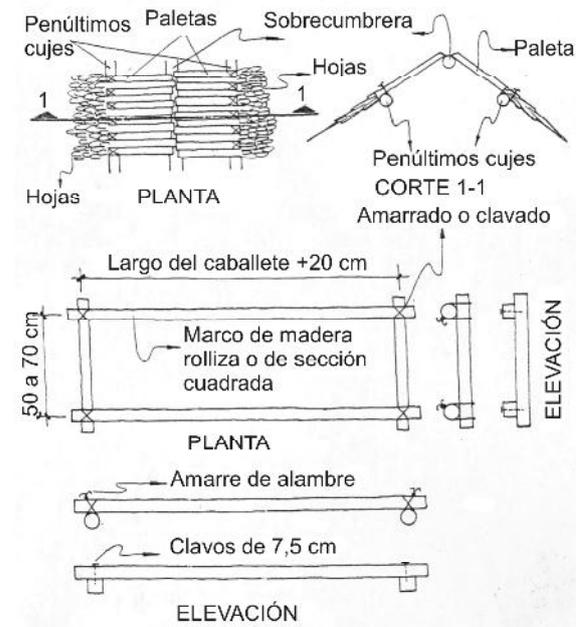


Fig. 10.17. Preparación del marco para su posterior colocación.

Antes de colocar las yaguas debajo del marco de madera o metal se amarran alambres de 80 cm de largo a los dos elementos más largos por tres lugares diferentes (por su centro y cercano a los extremos). Estos seis alambres en total, después de amarrados, se pasan por dentro del guano y las paletas, y se les da la vuelta por detrás de la vara, posteriormente desde el interior de la edificación se vuelven a pasar los extremos para el exterior. Estos dos extremos de los alambres son los que después de colocar todas las piezas de yagua se halan fuertemente para tensar el marco encima de la yagua y se amarra definitivamente.

Las yaguas son el material más usado para el caballete y en su estado natural son de 1,2 a 1,5 m de largo y un ancho de 50 a 70 cm aproximadamente. Cuando se va a usar la yagua se coloca con todo su ancho, porque mientras mayor sea este menor cantidad de piezas hay que colocar y menos montas, el indicado 1,5 m.

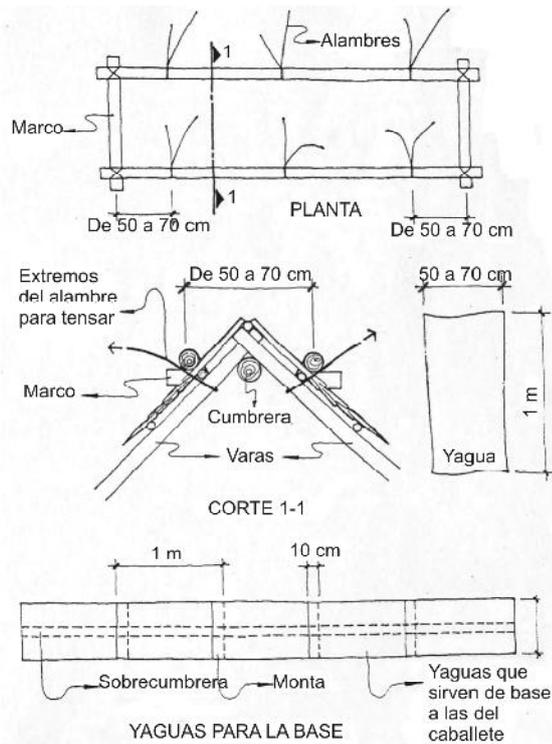


Fig. 10.18. Preparación y dimensionamiento para la colocación de las yaguas.

Las yaguas, un día antes de colocar el caballete, deben humedecerse para que suavizadas hagan más fácil la colocación y evitar que se dañen por rajaduras.

Después de haber colocado el marco y pasado los alambres deben de ponerse yaguas encima de la arista (encima de la sobrecumbreira) en el sentido más largo de estas y solapadas 10 cm. Ellas se colocan para que sirvan de base a las que se pondrán encima y así suavizar el ángulo que se forma en la arista, que puede provocar que al colocar la última yagua esta se doble y fisure. Además, el colocar estas yaguas le proporciona al que está construyendo un lugar donde poder sentarse cómodo y seguro, y no sobre las afiladas puntas de las paletas.

Después de colocar las yaguas que sirven de base se pasa a colocar las de los extremos del caballete que botan agua hacia las dos aguas menores o culatas. Estas yaguas se colocan introduciendo su lado menor por debajo del lado menor del marco.

Inmediatamente colocadas las de las culatas y sobre ellas las de los extremos de la hilada se procede a completar la misma. La monta o solape de las yaguas de la hilada es de 10 cm, estas son dobladas por los extremos más cortos y se colocan introduciendo primeramente un extremo (menor) por debajo del marco, después el otro por debajo del otro lado del marco

y, finalmente, haciendo presión sobre la yagua sentándose sobre ella para que descienda y tome el lugar deseado. En todas las yaguas de la hilada, cuando se va a montar una encima de la otra, la zona de la yagua que monta se dobla hacia abajo y hacia adentro en toda su longitud, para que este borde se fortalezca y resista mucho mejor la acción del viento y del agua, este doblar se realiza a 10 cm.

Después de colocarse todas las yaguas del caballete se procede a tensar los extremos de los alambres que están amarrados en el marco para que el mismo se apriete sobre los cujes y las varas, y así queden bien seguras y no se suelten por la acción de los vientos.

Los alambres que están amarrados en el marco impiden que pueda realizarse la monta de las yaguas en estas zonas, ya que solo permite colocarlas a tope. En estos puntos ocurren filtraciones, por lo que debe colocarse sobre ellos una yagua. Esta tendrá las mismas dimensiones que las de la hilada, con la diferencia que se doblarán hacia abajo y hacia adentro sus dos lados mayores a 10 cm. Después esta yagua se coloca sobre la posible zona de filtraciones, se pasa por encima del marco y se fija a él por medio de otro elemento de madera que se amarra al marco.

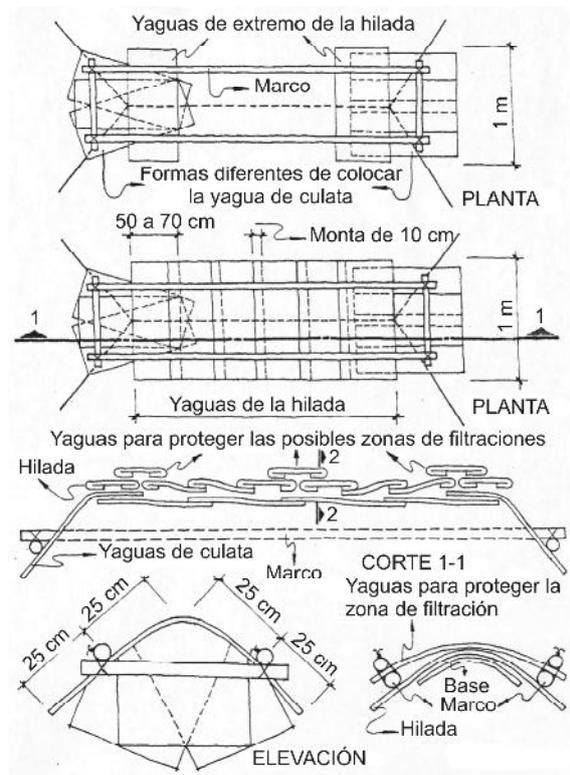


Fig. 10.19. Preparación de la yagua que protege la zona de posibles filtraciones.

## Bibliografía

*Cuba. Turismo Internacional: Reglamentación del proceso inversionista*, Tomo II, La Habana, julio 1989, p. 225.

*El bahareque en la región del Caribe*, Fondo Nacional de Formación Profesional para la Industria de la Construcción, FIC, Bogotá, 1990, p. 56.

HERMANO, LEÓN: *Flora de Cuba*, Tomos I, II, III y IV, Ed. Cultural S.A., La Habana, 1945.

SÁNCHEZ, FERNANDO, ALEXIS FERNÁNDEZ y ALEXANDER CASTILLO: *Manual para la construcción*

*de cubiertas de Guano*, Universidad Central de Las Villas, 1994.

Entrevistas a:

Juan Castillo León. Carpintero Cobijador

Victoriano Castillo León. Carpintero Cobijador

Reinaldo García Rodríguez. Carpintero Cobijador

Otilio Rodríguez Rodríguez. Cobijador

Emerjo Quintero Pérez. Carpintero

Tito Oceja Cárdenas. Carpintero Cobijador

Daniel Rodríguez Pérez. Desmochador

## TEMA 11. AGENTES DESTRUCTORES, TRATAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA MADERA

La madera, como todo material de construcción, es susceptible de deteriorarse con el tiempo. Por su naturaleza orgánica, los principales causantes de su deterioro son organismos como ciertos hongos e insectos; otros son la luz solar, las lluvias, el fuego, etc. Por lo que los agentes destructores se clasifican en dos grandes grupos: bióticos y abióticos. Se hace imprescindible entonces conocer sus efectos negativos, algunas formas de evitarlos, así como tratamientos aplicados y modos de conservación en aquellos elementos perjudicados.

### 11.1. Agentes destructores

Como se decía, los agentes destructores de la madera por su naturaleza se podían clasificar en bióticos y abióticos. En el primero de los casos, el orden de importancia por la cuantía de daños que causan es hongos, insectos y taladradores marinos.

#### Agentes destructores bióticos

##### *Hongos*

Estos organismos, a diferencia de las plantas verdes que contienen clorofila, no pueden manufacturar sus alimentos, por lo que son parásitos y se alimentan de materias orgánicas como la madera. Están bien adaptados para deteriorarla, ya que se constituyen por finos filamentos llamados hifas, los cuales penetran

y se desarrollan por los poros y cavidades, elaborando exoenzimas que descomponen la celulosa y la lignina en productos digeribles, los cuales son absorbidos y aprovechados como nutrientes por el hongo.



Fig. 11.1. Condiciones apropiadas para el desarrollo de hongos.

La gran mayoría de los hongos que producen degradación necesitan que existan las condiciones para su desarrollo siguientes:

- *Alimento.* El alimento consiste en la celulosa y la lignina de las paredes celulares y de los almidones y azúcares almacenados en algunas células.
- *Humedad.* Los hongos necesitan cierta humedad para que las exoenzimas que producen sus hifas puedan trasladarse por difusión a las paredes celulares. Cuando la madera tiene contenidos de humedad inferiores al 18 % (del peso seco de la madera), no se presenta la difusión de las enzimas degradadoras.
- *Oxígeno.* Los hongos necesitan un mínimo de aire dentro de la madera para respirar, que se estima que debe ser del orden de 50 a 80 % del total del espacio libre (porosidad). Si la madera está completamente saturada con agua, no contiene aire y los hongos no pueden respirar.
- *Temperatura.* El rango de temperatura para el desarrollo de los hongos en la madera es de 20 °C a 36 °C, pero pueden tolerar temperaturas más bajas.
- *Ph.* La actividad de las exoenzimas de los hongos requiere un grado de acidez entre 4,5 y 5,5 en la madera.

Si alguno de estos factores no se encuentra entre los valores indicados, los hongos no pueden desarrollarse en la madera y, por tanto, no producen deterioro.

Con base en el tipo de deterioro que causan los hongos se clasifican en dos grupos principales.

1. Los hongos de un primer grupo producen manchas en la madera y se les conoce por *hongos cromógenos*. No reducen significativamente su resistencia mecánica, se alimentan principalmente de las sustancias almacenadas en las células parénquimas. Las manchas que causan pueden ser de varios colores, pero por lo general son azulosas. Pueden ser superficiales o penetrar con cierta profundidad en la pieza de madera y aumentan la permeabilidad a líquidos. Afectan mayormente la madera de albura. El efecto principal de este grupo de hongos sobre la madera consiste en que afean el aspecto de la pieza, reduciendo su valor y haciéndola inservible para algunos usos donde el color y vetado natural sean requisitos básicos.

2. Un segundo grupo es el de los hongos que causan pudrición, además de manchar la madera, la destruyen al alimentarse de los componentes de las paredes celulares. Este conjunto se subdivide en dos a la vez: la pudrición blanca y la parda o morena; diferenciándose esta última en pudriciones secas y húmedas en función del estado de la madera.

a) Pudriciones blancas:

También conocidas como corrosivas o deslignificantes. Descompone la celulosa y la lignina, esta última en mayor proporción. Resulta un complejo celulósico un tanto blanquecino, de ahí su nombre, y raramente uniforme. Las maderas frondosas, especialmente tropicales, son más propensas a su ataque que las coníferas por la mayor presencia de lignina en su composición. Si se quiere evitar su prolongación se tendrá que cambiar la madera a un lugar más seco, separar piezas contaminadas de sanas, también puede disminuir su desarrollo. Esta pudrición disminuye o anula la resistencia mecánica de la madera.

b) Pudrición parda:

Los hongos afectan las celulosas y las hemicelulosas, no dañan la lignina, por lo que adquiere una coloración más oscura, que varía la tonalidad según la especie atacada, suele ser azul en el pino, rojo en el abeto y pardo en la encina. Es más frecuente en las coníferas y, debido a su aspecto externo, se pueden diferenciar en pudriciones secas y húmedas.

- Pudriciones secas. Los hongos tienen la facultad de transportar agua a través de sus cordones micelares, por tanto atacan la madera seca aun cuando se encuentra protegida. Estos hongos son capaces de atravesar paredes.
- Pudriciones húmedas. Afectan a la madera sometida a la humedad, bien por defecto de ventilación o por exposición a los agentes atmosféricos.



Fig. 11.2. Pudrición morena húmeda.

Un caso particular en el grupo de hongos que provocan pudrición, lo constituyen las *pudriciones blandas*. Se presenta en maderas sometidas a condiciones extremas de humedad, frecuentemente en aquellas que están en contacto directo con el terreno o el agua. El deterioro consiste en un ablandamiento de las capas superficiales de la madera, las cuales son erosionadas por la acción del agua, lo que permite que la pudrición penetre a mayor profundidad. Afecta notablemente la apariencia y sobre todo la resistencia a esfuerzos mecánicos; una vez avanzado el daño es irreversible, por lo que se considera muy peligroso. Las especies de coníferas son más resistentes a este daño, aunque puede afectar incluso a maderas que hallan sido tratadas con fungicidas.

*Insectos xilófagos*

A estos organismos se les considera como segundos en importancia, después de los hongos, por la cantidad de daños que causan. Los insectos dejan sus huevos en la madera, posteriormente se forman las larvas que se alimentarán de ella. La presencia de estos destructores se reconoce por la existencia de galerías en el interior de la madera y perforaciones en su superficie, la primera causada por las larvas, que al finalizar su desarrollo provocan los

orificios al salir al exterior como insectos adultos. Es usual que los insectos ataquen aquella madera que permaneció por largo tiempo sin descortezar después de haber sido abatida.

De acuerdo con la forma de las cavidades y orificios se clasifican los insectos que lo causaron. Existe gran diversidad de ejemplares: *carcoma*, *carcoma grande*, *abeja carpintera*, *termita*, *polilla*, etc. Nos detendremos para el estudio de las termitas y polillas, por ser estos de los más conocidos y dañinos. En todos los casos estos insectos xilófagos alteran severamente todas las características físico-mecánicas de la madera.

1. Termita. Construyen su nido bajo el suelo o en pedazos de madera en contacto con este, a fin de hacer túneles hasta los sitios donde se encuentra el alimento, por esa razón se les puede encontrar en la bibliografía como *termita subterránea*. Estos insectos de cuerpo blando son muy sensibles a cambios de temperatura, pero especialmente a cambios de humedad, ya que sus cuerpos no tienen protección adecuada para evitar su desecación en ambientes que no tienen una alta humedad relativa.



Fig. 11.3. Jácena atacada por termitas.

Es por esto que construyen galerías de sus nidos a los sitios donde se alimentan, ya que dentro de ellas mantienen condiciones óptimas de medio ambiente para sus actividades. Al atacar una pieza de madera consumen las porciones internas, dejando un cascarón hacia el exterior que protege a los organismos de la luz y cambios de temperatura y humedad. Esta característica es la razón por la que en muchas ocasiones no se detecta el daño causado por estos organismos hasta que la pieza ha sido severamente atacada. Cuando la ma-

dera no está en contacto directo con el suelo los insectos construyen galerías aprovechando hendiduras en el concreto y la mampostería, hasta llegar a la madera, y a través de estos ductos mantienen la comunicación con el nido y las condiciones ambientales deseadas. Viven formando colonias alrededor de una pareja real, que se limita a la puesta de huevos, algunas especies llegan a colocar 4 000 huevos diarios.

2. Polilla. Las polillas de la madera seca no necesitan conexión alguna con el suelo y resisten bien los cambios de temperatura y humedad, ya que sus cuerpos están cubiertos con una capa protectora que evita su desecación. Son menos dañinas y numerosas que las termitas; en este caso la hembra deposita de 20 a 40 huevos por puesta. Los daños que ocasionan se perciben cuando los individuos adultos (palomillas de San Juan) emergen de la madera a través de pequeños orificios para trasladarse a otras piezas de madera e iniciar nuevas colonias.



Fig. 11.4. Madera atacada por polillas.

En otras ocasiones la existencia de estos insectos se detecta por la presencia de acumulaciones de serrín bajo los orificios de salida de los adultos. Su ciclo vital es de un año, puede verse reducido a meses si las condiciones de humedad son muy desfavorables. Es muy difícil prever su ataque antes de haber evidencias, su propagación es muy rápida, por lo que se recomienda una eficaz acción fumigadora.

#### *Taladradores marinos*

Estos organismos adquirieron gran notoriedad durante la época de oro de los fenicios, ya que fueron la causa de que los cascos de los barcos de madera se fracturaran frecuentemente, debido al daño causado por *lombrices*

*marinas*. Además de producir daños en las embarcaciones de madera, estos organismos deterioran la madera de instalaciones marinas, sobre todo aquellas que se localizan en mares tropicales o en zonas costeras salobres.

Los dos tipos principales de taladradores pertenecen a los grupos de moluscos o crustáceos. El deterioro que ocasionan se debe a la perforación de túneles, ya sea para alimentarse de la madera o para usarla como morada y alimentarse del plancton que es acarreado por el agua hacia ellos y de los hongos que crecen en las paredes de los túneles, los cuales pueden variar en longitud y diámetro, según el organismo y condiciones ambientales en los que se desarrollan.

### Agentes destructores abióticos

La madera expuesta a los efectos de meteoros como la lluvia, o más generalmente a cambios de humedad y temperatura, así como a la acción de los rayos ultravioletas del Sol, envejecen con relativa rapidez. También el árbol puede sufrir estas influencias dañinas, sumándole los posibles incendios forestales o los rayos, cuyas consecuencias pueden verse afectadas por el oportuno ataque de hongos e insectos xilófagos. Los agentes abióticos degradantes de la madera se pueden resumir en:

#### *Efecto del agua y de la humedad*

A partir de que la madera comienza a absorber el agua que le propicia el medio, esta se hincha hasta que alcance el punto de saturación máxima, el cual puede oscilar sobre 30 %. Por otro lado, la absorción de humedad hincha la madera cuanto más porosa sea, y más la albura que el duramen. Cuando se produce el secado, por la capa externa, la madera retrae, produciéndose unas tensiones diferenciales que acaban por abrir las características fendas superficiales de la madera envejecida. Este fenómeno se agrava con los cambios climáticos bruscos. La hinchazón, además de provocar roturas en la estructura interna, produce cambios dimensionales y deformaciones no convenientes.

Humedades en la madera ya superiores al 20 % favorecen el desarrollo de pudriciones y la descomposición de la masa leñosa. Es importante destacar que la madera es más propensa a la absorción del agua en aquellas superficies donde el corte se produjo perpendicular a las

fibras y vasos, por lo que se debe impermeabilizar en estos puntos. Soluciones de detalles constructivos ya conocidos favorecen la conservación de elementos que están muy comprometidos en este sentido, tales el caso de las vigas o viguetas en las soluciones de cubierta.



Fig. 11.5. Efectos del agua y la luz solar.

Es conveniente además escoger para elementos que estén en contacto directo con el interperismo, maderas que se comporten cada vez más impermeables. Todos sabemos que en un mismo tronco las piezas elaboradas con madera de la albura son más propensas a la absorción de agua que las realizadas con madera del duramen.

#### *Efecto de la luz*

Se denomina insolación a este daño en la madera, donde la luz del sol a través de sus rayos ultravioletas incide sobre la superficie leñosa afectando preferentemente a la lignina. Queda así la estructura celular de la madera sin el elemento cohesionador de las fibras e impermeabilizante a su vez.

La fotodegradación, nombre por el cual se conoce, provoca al cabo de cierto tiempo un cambio en la coloración superficial de la madera, primero amarillea, aclarando las maderas oscuras cuando son jóvenes, después se torna grisácea. Este efecto, ligado a la acción de las lluvias y vientos, provoca el desfibramiento superficial de la pieza, la madera inicial se deprime, mientras que la terminal sobresale. Esto puede ser oportuno para hongos o insectos si las condiciones de humedad son propicias.

#### *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, también en la periferia de la pieza y en sentido radial de la masa leñosa.

Estos ejemplos iniciales son en ocasiones relativamente sencillos de aminorar, cubriendo la madera periódicamente con capas de pintura o barniz, que actúan como barreras a los rayos del sol y retardan la penetración de humedad y, por tanto, restringen los cambios dimensionales. Además, se puede tratar la madera con una solución de parafina, que reduce los cambios en el contenido de humedad de la madera y, por consiguiente, también las variaciones dimensionales, especialmente aquellas que pudieran presentarse en períodos cortos como las que son consecuencia de un chubasco. El mayor grado de protección se obtiene pintando la madera previamente con parafina.

Un diseño adecuado de detalles constructivos que disminuyan el grado de exposición de las superficies de madera puede contribuir a contrarrestar los efectos del interperismo. Así, por ejemplo, son convenientes los aleros que puedan evitar el escurrimiento del agua sobre las fachadas.

#### *Efectos del fuego*

Aunque la madera arda producto del fuego y se use desde siempre como combustible, es un material que tiene mejor comportamiento frente a las llamas que el acero o el mismo hormigón. Esto se explica ya que durante mayor tiempo el material resiste y continúa cumpliendo sus funciones estructurales, creando una película superficial, carbonación o carbonatación, que la autoprotege y actúa como retardante, la sección merma en razón de 1 cm/hora. Una vez terminado el fuego, si la estructura leñosa sufrió serios daños es conveniente sustituirla.

#### *Efectos de herida 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 condiciones tan cotidianas como fuerte viento, aves que arrancan ramas para sus nidos o la simple muerte de las ramas por cambios estacionales o de circulación de sabia. Cuando alguna de estas cosas sucede, queda un hueco en el tronco que permite que se filtre agua de lluvia que, unido a la sabia, corrompe las paredes leñosas inmediatas.

También se pueden producir tumores en la superficie del tronco, que aparecen como úlceras producidas por el efecto de algún golpe, de donde se desprende savia corrompida, produciendo nudos defectuosos.

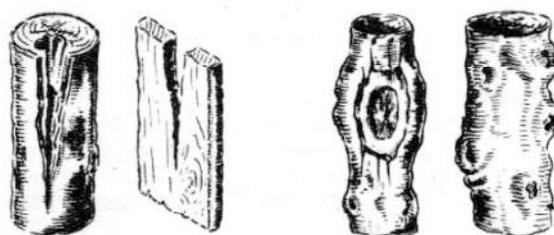


Fig. 11.6. Daños y tumores producidos en árboles.

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

## 11.2. Tratamientos

Los métodos de aplicación de preservadores son muy variados; van desde los de tipo doméstico hasta los que requieren modernas plantas de impregnación. En muchas ocasiones la selección del método depende del grado deseado de penetración y retención del preservador, expresado en kilogramos de preservador por m<sup>3</sup> de madera. El grado de penetración y retención depende además del método de aplicación, de la anatomía y del contenido de humedad de la madera. De estos factores, el único que no se puede controlar es la anatomía de la madera. Es importantísimo hacer el tratamiento de la madera antes de su puesta en servicio, esto nos garantizará una mayor vida útil del elemento.

### Métodos sin presión

La gran ventaja de estos métodos es que no requieren equipos caros o complicados y se pueden llevar a cabo con un mínimo de inversión.

Tienen como desventajas importantes el que no se puede alcanzar altas penetraciones y retenciones, por lo que no se recomiendan para tratar maderas con poca permeabilidad, cuando está expuesta a condiciones con alto riesgo de ser atacada por organismos. Los métodos más simples consisten en aplicar la solución por brocha y por aspersión o baño. Se utilizan cuando los riesgos de deterioro son mínimos o como técnicas de mantenimiento en casos donde la madera ha sido tratada antes por otros métodos.

- Con el método de inmersión (por lo regular en períodos de tres a cinco minutos) se obtienen mayores retenciones y penetraciones. Es el más usado para tratar ventanas y puertas fabricadas con maderas permeables.
- El método que le sigue en efectividad es el llamado baño caliente y frío, que consiste en sumergir la madera en un recipiente con la solución a temperatura alta hasta que la madera tenga la misma temperatura e, inmediatamente después, sumergirla en otro tanque con la solución a temperatura ambiente. Esto causa un vacío parcial dentro de las células de la madera, lo que hace posible que la presión atmosférica facilite la penetración de la solución. Con especies de madera permeables se llegan a obtener penetraciones y retenciones de soluciones suficientes para proteger la madera que estará en contacto con el suelo.
- Otro método sin presión muy efectivo, pero que se utiliza únicamente con preservadores a base de boro o flúor, es el de difusión en madera verde. Consiste en sumergir madera con alto contenido de humedad (cuanto más próximo a saturación mejor) en tanques de solución con esas sales. Después se estiba la madera muy junta para evitar que se seque y permitir que los ingredientes activos se difundan de la superficie hacia el interior de las piezas de madera. Este método se recomienda para maderas permeables como lo son muchas de las tropicales.

### Métodos a presión

Estos métodos son los que se utilizan para la aplicación de retardantes de fuego y de insecticida y fungicidas para maderas expuestas a un alto riesgo de deterioro por organismos, como es el caso de maderas susceptibles de

ser atacadas por taladradores marinos. Estos procesos requieren autoclaves o cilindros de tratamientos capaces de resistir altas presiones positivas y negativas. Se utilizan bombas neumáticas e hidráulicas y, a veces, calefacción para calentar la solución preservadora dentro y fuera del cilindro de tratamiento. A continuación se describen los métodos de uso más común.

- *Proceso de célula llena.* Comprende las siguientes fases: introducción de la madera al cilindro de tratamiento, aplicación de un vacío para extraer el aire de la madera, introducción de la solución preservadora sin destruir el vacío, aplicación de presión hidráulica hasta lograr la retención y penetración deseada, eliminación de la presión, extracción de la solución del cilindro. Este proceso se usa comúnmente para aplicar preservadores hidrosolubles y retardantes del fuego.
- *Proceso de célula vacía.* Son usados principalmente dos tipos: el Rueping y el Lowry. En el proceso Rueping, después de introducir la madera al cilindro de tratamiento, se inyecta aire a presión e inmediatamente se introduce la solución preservadora y se añade calor. Se mantienen estas condiciones hasta lograr la retención deseada, después de lo cual se traslada la solución retardadora restante a un tanque de almacenamiento. Se aplica un período de vacío para retirar la solución de la madera y únicamente dejar recubiertas las paredes celulares con el preservador. El proceso Lowry consiste esencialmente en aplicar a través de la solución preservadora una presión hidráulica a la madera dentro del cilindro de tratamiento hasta obtener la retención y penetración deseada, desalojar el cilindro y aplicar el vacío final.

Los procesos de célula vacía se emplean para preservadores oleosos y dan la oportunidad de economizar solución, recubriendo únicamente las paredes celulares y dejando poca solución en los huecos. Proporciona a la madera una adecuada protección cuando esta no va a estar sujeta a un riesgo muy alto de ser atacada por organismos.

En la tabla siguiente se presenta una guía que puede ser útil en la selección de preservador y método de aplicación, según el riesgo de daño al que va a estar sujeta la madera en uso. La elección del uso del preservador más conve-

niente en un caso dado depende del uso de la estructura y del tipo de organismo que existe en la localidad.

### Guía para el uso de preservadores

Tipo de solución	Métodos tratamiento	Riesgo de daños
Hidrosolubles Pentaclorofenol Insecticidas	Con brocha, aspersión o baño	Bajo
Hidrosolubles Pentaclorofenol Insecticidas	Inmersión	Bajo
Creosota, pentaclorofenol	Baño caliente-frío	Moderado/ /alto
Hidrosolubles (boro y fluor)	Difusión en madera verde	Moderado/ /alto
Creosota, pentaclorofenol	Célula vacía	Alto
Hidrosolubles, retardadores de fuego, creosota, pentaclorofenol	Célula llena	Muy alto

### 11.3. Conservación

Sin lugar a duda, es más sencillo, más eficiente y mucho más económico prevenir daños a la madera por organismos que controlar su desarrollo una vez en ella.

Para evitar el deterioro por hongos se puede recurrir a diversas medidas, de acuerdo con el valor de la madera y el riesgo al que está expuesta. En algunos casos es conveniente utilizar madera de especies que tengan gran durabilidad natural como el caso del cedro, el guayacán, etc. La gran durabilidad natural de estas especies se debe a que por razones poco conocidas el duramen o centro de los árboles queda impregnado con sustancias químicas que son eficaces preservadores.

Otra forma de proteger la madera del ataque de hongos es diseñar las estructuras de tal forma que el contenido de humedad de la madera se mantenga a menos de 18 %, por ejemplo, es recomendable cubrir las tuberías de agua fría con algún aislante para evitar la caída de agua condensada sobre la madera. Un buen techado que no tenga goteras y que sobresalga lo suficiente, con aleros bien diseñados, ayudará a proteger los muros de la lluvia. Es útil contar con ventilación adecuada en los desvanes y en el espacio entre techo y cubierta.

Si la madera va a estar en contacto directo con el suelo, su contenido de humedad probablemente sobrepase el 18 %, por lo que debe tratarse con algún preservador por métodos de presión preferiblemente, o baño en caliente y frío. Cuando la madera no está en contacto directo con el suelo, pero sí expuesta directamente a la lluvia, tiene menos riesgo de ser atacada por los hongos, por lo que un tratamiento de preservación por inmersión es satisfactorio para protegerla. Cuando la aplicación de la solución se hace con brocha o por aspersión, la protección que se obtiene es mínima. Debido a esto, este método se recomienda únicamente para casos de muy poco riesgo.

El tipo de solución preservadora que se emplea depende en muchas ocasiones del uso final de la pieza. Si esta no se va a pintar y la apariencia de la superficie no es importante, la creosota o el pentaclorofenol disueltos en aceite oscuro podrían usarse. En cambio, si las piezas de madera se van a pintar o la apariencia es importante, lo mejor es utilizar sustancias tóxicas en agua o en aceites ligeros o claros (sales tipo CCA o pentaclorofenol).

En el caso de termitas es aún mucho más importante prevenir el daño que en el caso de los hongos, debido a que, una vez que los insectos están en la madera, los métodos de control son muy costosos y difíciles de llevar a cabo con éxito. Cuando sea posible, las construcciones de madera no deben estar en contacto directo con el suelo a menos que la madera haya sido impregnada correctamente con algún preservador por medio de tratamiento a presión o baño caliente y frío, o sea, de alguna especie de conocida resistencia natural a las polillas. En las estructuras de anclaje o cimientos y tuberías de toma o drenaje, conviene instalar escudos metálicos que impidan el paso de termitas subterráneas, cubrir ventanas y ventilas con telas de alambre mosquitero y retirar toda la madera cercana a la construcción. En áreas de alto riesgo de ataque por termitas subterráneas se puede añadir alguna solución insecticida al suelo alrededor de la estructura. Es recomendable inspeccionar periódicamente (dos veces al año) los cimientos de hormigón y mampostería para verificar si existe algún inicio de daño causado por los insectos y destruir los túneles que se localicen sobre los cimientos. Para evitar el daño por polilla seca es conveniente emplear especies de madera con resistencia natural a este insecto o aplicar a la

madera algún preservador mediante tratamientos de inmersión o brocha.

El ataque de taladradores marinos se puede evitar en cierto grado mediante barreras físicas. Así, por ejemplo, los fenicios recubrían la madera del casco de los barcos con laminillas de plomo. En épocas recientes se han usado fundas o revestimientos de hormigón, arcilla vidriada, hierro fundido, cobre, neopreno etc., todos ellos con resultados variables y no muy confiables. En ocasiones la coraza o recubrimiento se agrieta por alguna razón, permitiendo la entrada de los organismos a la madera, la cual deterioran sin ser detectados hasta que el daño está muy avanzado, siendo necesario reemplazar la pieza. La mejor protección se la da a la madera impregnándola a presión con altas concentraciones de sales hidrosolubles tipo CCA.

Si la utilización de especies de madera con durabilidad natural alta y el uso de detalles constructivos que defiendan a la madera contra la acción de agentes destructores no ofrecen protección adecuada, entonces es necesario recurrir a la aplicación de algún preservador. En la actualidad se disponen de varios tipos de preservadores que pueden ser aplicados mediante diversos métodos por firmas comerciales o por los mismos usuarios, dependiendo en gran medida de la cantidad y tipo de madera a preservar, tipo de servicio y, especialmente, el riesgo al que estará sometida la madera en servicio.

#### *Características principales de los preservadores*

Los preservadores contienen una serie de principios activos, dependiendo de su composición química. En general, estos productos son solubles en los líquidos corporales o celulares de los organismos. Al entrar en ellos bloquean la respiración o el metabolismo celular, inhibiendo o matándolo.

En el caso de algunos preservadores, su modo de acción consiste en actuar como repelentes, especialmente de insectos. Estos preservadores deben reunir las características siguientes:

- Ser tóxicos para los organismos que atacan la madera.
- Penetrar fácilmente en la madera.
- Ser poco lixiviables y poseer alto poder residual.

- Ser manejados y usados sin peligro para la salud del ser humano.
- No dañar a la madera ni a los metales.
- Ser accesibles y económicos en el mercado.
- Ser fáciles de aplicar.

Algunos de ellos son limpios, incoloros, compatibles con pinturas y barnices, y resistentes al fuego.

Las soluciones de preservadores más conocidas son a base de creosota, pentaclorofeno y sales de cobre, cromo y arsénico (CCA).

La creosota es un producto de la destilación de carbón bituminoso, consistente en una mezcla de más de 40 importantes compuestos tóxicos a hongos e insectos. Su aplicación por lo general es por medio de métodos a base de presión. Desventajas para ciertos usos son el hecho de que la superficie de la madera queda muy sucia, imposibilitando su pintado y el mal olor que despiden.

El pentaclorofenol es un compuesto de cloro y fenol en forma de polvo verde-grisáceo. Es soluble en aceites y generalmente se aplica con una concentración de 5 %. Se pueden utilizar aceites ligeros claros, con los que se obtienen buenas apariencias de la madera tratada que además puede pintarse. Su aplicación puede ser por inmersión, aspersion o a base de métodos a presión.

Las sales hidrosolubles de cobre, cromo y arsénico, comúnmente llamadas sales CCA, vienen en varios tipos. Todas ellas contienen básicamente los mismos elementos tóxicos a los organismos destructores, pero en diferentes proporciones, razón por la cual la cantidad de sales requerida por unidad de volumen varía según el tipo. Todos los tipos de sales son igualmente efectivos. La madera tratada con ellas queda limpia y se le puede aplicar toda clase de acabados. Por lo general, la madera se impregna con métodos a base de presión. Una desventaja es que es necesario volver a secar la madera después de tratada.

En la madera tratada los preservadores oleosos penetran a los espacios intercelulares, mientras que los hidrosolubles reaccionan químicamente y se precipitan en las paredes celulares.

Cuando se hacen labores de conservación y restauración de elementos emplazados en

obras, la tarea se dificulta un tanto, ya que no se podrá retirar la pieza para realizar en ella alguno de los tratamientos explicados anteriormente. Se parte del hecho de pensar que la madera afectada no fue tratada antes con ninguno de esos métodos. Nos enfrentamos al problema teniendo en cuenta un conjunto de reglas de carácter general.

#### *Reglas a considerar*

- Identificar el tipo de ataque que sufre la madera, su extensión, profundidad, intensidad e importancia. Examinar con detalle las cabezas de apoyo de las vigas que estén empotradas en muros.
- Identificar el tipo de madera afectada, así como si la parte dañada es duramen o albura.
- Identificar la especie de hongo o insecto causante del daño y su tratamiento.
- Identificar y eliminar las posibles fuentes de humedad y facilitar la aireación y secado de la madera. Tener en cuenta que las fuentes de humedad pueden ser de carácter temporal y no manifestarse en el momento de la inspección.
- Eliminar las zonas de madera más dañadas y sus zonas próximas, aunque parezcan sanas, en el radio de 1 m, sustituyendo estas zonas por madera saneada y pretratada. En casos de especial interés puede ser aconsejable la consolidación de la madera mediante inyecciones de resinas epoxi armadas con fibra de vidrio e igual módulo de elasticidad que la madera. También pueden reconstruirse algunas piezas mediante laminados.
- Proceder a la impregnación del resto de la madera, eliminando pinturas, papeles pintados, plásticos, etc., que oculten los elementos de base, y se habrán cepillado intensamente estas superficies hasta una distancia de 2-3 m. Asegurarse de que los productos de protección no dificulten el encolado ni se alteren con los adhesivos.

*Frente a los hongos cromógenos el tratamiento se realiza en tres fases*

- Impregnación con solución a 3 % de pentaclorofenato sódico. Previamente la madera deberá estar perfectamente limpia de barnices y cepillada.
- Aplicación con brocha de solución a 5 % de hidróxido de sosa.
- Aplicación de solución a 30 % de agua oxigenada.
- Estas dos últimas fases pueden sustituirse por una solución de hipoclorito sódico con 5 % de cloro activo.

Últimamente se han ensayado métodos más sofisticados como el control biológico de las plagas mediante parásitos o depredadores y el tratamiento mediante ondas térmicas infrarrojas, que puede ayudar a eliminar a las larvas en desarrollo dentro de la madera.

## **Bibliografía**

*Biblioteca Atrium de la Carpintería*, Tomo 5, "Nuevas aplicaciones", Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.

*Curso de patología, conservación y restauración de edificios*, Tomo 2, Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM), Segunda Edición, noviembre de 1993.

III Jornada Internacional de la Ingeniería Civil en Cuba. "Prof. Ing. José Menéndez Menéndez In Memoriam", Sociedad de Ingeniería Civil, UNAICC, La Habana, 2006.

MENÉNDEZ MENÉNDEZ, JOSÉ: *Desperfectos en construcciones de ingeniería y arquitectura*, Editorial Centro de Información de la Construcción, Ciudad de La Habana, 1986.

—————: "Construcciones de madera. El Material", *Revista Ingeniería Civil*, No. 4/84.

Direcciones electrónicas:

[www.acpddd.com/tratamiento\\_madera.htm](http://www.acpddd.com/tratamiento_madera.htm)

[www.propinal.es/plagas/images/fichas.gif](http://www.propinal.es/plagas/images/fichas.gif)

[www.monografias.com/trabajos15/preserv.madera/.shtm](http://www.monografias.com/trabajos15/preserv.madera/.shtm)

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

### A

**Aguilón:** teja o pizarra cortada en ángulo en las limas tesas. // Viga o madero colocado en la bisectriz de un ángulo de los muros de una edificación, apoyado en el mismo ángulo y en el cuadrado. // Ángulo del muro, en su parte superior, en una cubierta a dos aguas.

**Alfarje:** artesonado de madera generalmente labrado, entrelazado o pintado (de origen árabe).

**Alfarjía:** viga de madera con determinadas dimensiones, aproximadamente 14 x 10 cm de sección y largo variable. // Cada uno de los maderos que se cruzan con las vigas para formar la armazón de los techos.

**Almojaya:** puente. // Madero transversal o perpendicular a la fachada de un andamio que se apoya en un mechinal y sobre el que se apoyan los tablonés de piso.

**Amortajado:** mortaja. // Muesca. // Caja o hueco abierto en una pieza de madera.

**Anisotropía:** propiedad de ciertos materiales, por la que sus propiedades mecánicas, etc., son distintas según la dirección en que actúan o ensayan. Quiere decir que en un material sus propiedades físicas y mecánicas no son las mismas en todas las direcciones que pasan por un punto determinado.

**Anobio:** género de coleópteros, xilófagos, llamados vulgarmente carcoma.

**Aplacados:** acción y efecto de colocar placas o piezas de poco espesor, en una superficie, ya sean de piedra, mármol, etcétera.

**Arbotante:** arco que parte desde un muro que recibe la carga de una bóveda y la trans-

mite a un botarel, estribo de contrarresto de empujes.

**Arco cojo:** arbotante o arco en tranquil, que tiene arranques a distinta altura y con dos centros.

**Arriostar:** riostrar o colocar riostras, consistentes en listones de madera cruzados entre sí, para asegurar la invariabilidad de forma de una estructura.

**Artesón:** entrepaño poligonal rehundido de un techo o intradós de una bóveda. // Elemento constructivo cóncavo, moldurado y con adornos, que dispuesto en serie constituye el artesonado.

**Artesonado:** adornado con artesones. // Techo, armadura o bóveda formado con artesones de madera, piedra u otros materiales.

**Asnilla:** caballete. // Sostén formado por un madero horizontal apoyado en cuatro tornapuntas arriostrados, que sirven de pies o apoyo. // Pieza de madera sostenida por dos pies derechos, para que descansa y se mantenga en ella, la parte de un edificio que amenaza ruina.

**Atrio:** espacio descubierto, por lo común con pórticos, a la entrada de los edificios en la antigüedad clásica.

**Azuela:** herramienta para descortezar o desbastar la madera.

### B

**Barbilla:** corte que se da a una madera en su extremo, dejándolo achaflanado o biselado y que encaja en un corte que se ha hecho en otro para su ensamble o unión.

**Bovedilla:** bóveda pequeña. // Pieza de cerámica, hormigón, escayola u otro material que se coloca entre vigas, para realizar el forjado o relleno y que completa el piso resistente de un edificio.

**Brida:** presilla. Abrazadera empleada en un ensamble. // Pletina de hierro que, atravesada por tornillos con tuerca o pernos, sirven para sujetar varios maderos. // En fontanería o calefacción, pieza de unión.

**Brochal:** viga que recibe la carga de otras más cortas cuando en un forjado o entramado de piso se deja un hueco, para escalera, ascensor, etcétera.

## C

**Cabecero:** madero horizontal que remata por arriba una empalizada o del marco de puerta o ventana.

**Cabio:** viga inclinada que abarca desde el caballete hasta el alero, y que apoyándose en las correas y solera, soporta el entablado.

**Cajeado:** cajear. Acción y efecto de abrir cajas (cajuelas, muesca), en madera o en una fábrica.

**Calidad de la madera:** la capacidad o el grado de adaptación de una madera a un determinado uso es lo que técnicamente se entiende como calidad de la madera

**Can:** extremo de una viga, que sobresale del paramento exterior de un muro, o pieza empotrada en un muro, pudiendo ser labrado o no, en madera o piedra para apoyo de un alero, cornisa, etc. (canesillo), (modillón, cuando es de piedra).

**Capitel:** remate de una torre, generalmente en figura de pirámide o cónica agudas.

**Cargadero:** viga o carrera de mayor sección, que recibe el peso de un muro, encima de un hueco o un vano (ventana, puerta, etcétera).

**Carreras:** viga que sirve de apoyo a las vigas de un forjado o suelo resistente, o que recibe las cabezas de las vigas y que a la vez sirve para repartir cargas y atado de los muros.

**Cartela:** ménsula con más altura que vuelo. Chapa de hierro que refuerza los nudos en una estructura. Aumento de sección de una viga.

**Cascote:** escombro. // Resto o residuo de obras demolidas, de ladrillos u otras piezas cerámicas.

**Claustro:** típico elemento de arquitectura monástica románica y sucesiva, constituido por un corredor o pasillo para la circulación y distribución alrededor de un patio y abierto al mismo medio de arcadas entre pilastras.

**Codal:** pieza colocada transversalmente en sentido horizontal para sostener los apuntalamientos de tierras, muros, etcétera.

**Contrete:** trozo de tubo de hierro o perfil del mismo material, cuya misión es la de mantener a la misma distancia las almas de dos o más perfiles laminados o madera en vigas, para formar una viga compuesta.

**Cornijal:** pie derecho, poste o piedra situada en una esquina de un edificio. Pies derechos,

situados en el ojo de una escalera para sujeción de su entramado.

**Correa:** vigueta que se coloca paralela a otras, en las armaduras de cubiertas, en sentido horizontal cada una y en el sentido perpendicular a los pares.

**Costero:** costanero. // Lateral, situado a un costado. // Cada una de las dos piezas más inmediatas a la corteza, que salen al aserrar un tronco, en el sentido de su longitud.

**Cromógeno:** aquellas bacterias que producen materias colorantes u originan coloraciones.

**Crujía:** espacio entre dos muros de carga de un edificio.

**Cuaja:** material que rellena o cubre los espacios entre los elementos de un entramado, constituye un cierre propiamente dicho.

**Cubrejuntas:** tablillas o listones que se clavan o colocan para disimular las juntas. // Placas o palastro de hierro que se colocan tapando la junta o unión de un hierro o perfil.

**Cuchillo:** cercha. // Forma. // Armadura triangulada de madera o hierro que, colocado verticalmente sobre apoyos, sostiene la cubierta de un edificio o el piso de un puente o una cimbra.

**Cuna:** armazón de tablas o listones para recubrir el yeso sobre el que se apoya o asienta el cinc o plomo de un canalón, etc., o también una cornisa con canal.

## D

**Diedro:** ángulo diedro. El formado por dos planos que se cortan.

**Dintel:** pieza horizontal apoyada en sus extremos, situada en la parte superior de las puertas, ventanas, etc. Pueden ser de una o varias piezas.

**Doblero:** pieza de madera al hilo, que según sus calificativos tiene varias dimensiones.

**Durmiente (Rastra):** madero colocado horizontalmente y sobre el que se apoyan otros elementos. Su misión es repartir las cargas que recibe. // Sinónimo de solera.

## E

**Enrase:** acción y efecto de enrasar. Capa de material que deja plana y lisa la cara del lecho de una fábrica.

**Entarimado:** entablado generalmente con piezas de madera mechiembradas que se colocan como pavimento, clavadas sobre restreles.

**Entramado:** conjunto de piezas unidas entre sí, que forman un conjunto estructural resistente.

**Esbeltez:** relación entre la altura y el lado menor de una columna pilar o pie derecho.

**Escuadría:** las dos dimensiones de la sección de una madera.

**Espaldón:** parte maciza y saliente que queda de un madero después de abierta una entalladura.

## F

**Fenda:** raja o hendidura de una madera. // Grieta en la madera al hilo, debido al calor excesivo o desecación. // Grieta.

**Flecha:** remate agudo de una torre o capitel. // Sagita o altura del vértice de un arco a partir de la línea de arranque. // Curvatura con una medida máxima que se produce en un elemento lineal al recibir una carga.

## G

**Geomembrana:** membrana o lámina que se coloca sobre la tierra u otro material terroso para aislar, proteger o servir de barrera y aislamiento.

**Grapa:** arpón o laña. Pieza de hierro u otro metal cuyos dos extremos, doblados o aguzados, se clavan para unir o sujetar dos piezas de madera, piedra, etc. Drapa.

**Guardamalleta:** faja o placa de madera o metal esculpida o recortada que se coloca debajo del alero de algunos tejados, hoy en desuso, salvo en países nórdicos, Tirol, Austria, etc. // Pieza de adorno que pende sobre un cortinaje o baldaquino, por la parte superior y que permanece fija.

## H

**Higroconvector:** tubo o conducto utilizado para la desecación de muros afectados por humedades de capilaridad. También conocido como tubos *knpen*.

**Higrometría:** parte de la física, relativa al conocimiento de la humedad atmosférica y de la medida de sus variaciones.

**Higroscópico:** que tiende a absorber la humedad del aire.

**Hilera:** orden o formación en línea de un número de cosas. Tipo de armadura: "Armadura de par e hilera".

## I

**Ignífugo:** que hace incombustible. // Que repele el fuego.

**Intradós:** cara o superficie inferior de un arco, bóveda o cúpula. // Superficie horizontal que enmarca un vano.

## J

**Junquillo:** pieza a modo de moldura, de pequeña sección y con diferentes fines, como pueden ser: sujetar cristales en el rebajo de las ventanas, contorneo de puertas, muebles, etcétera.

**Jabalcón o jabalón:** pieza inclinada que recibe una carga o esfuerzo y la transmite a un pie derecho o puntal.

**Jácena:** viga principal que recibe el esfuerzo o trabajo de otras.

## L

**Lata:** tabla delgada que se emplea en las cubiertas para sentar encima las tejas. // Enlata-do (entablado).

**Llave:** cuña de madera, piedra o mármol que se emplea para enlace y que se encaja entre ellas. // En fábricas de ladrillo o piedra, elementos colocados a tizón y que sirven para enlazar bien los paramentos. // En general pieza de anclaje.

## M

**Machón:** macho. // Pilar de fábrica que sostiene un arco o un suelo. // Macizo de fábrica que sostiene los arcos de un puente.

**Mechinal:** opa. // Hueco o agujero que se deja al construir un muro o pared o bien se abre en un muro construido para formar o apoyar andamiajes, etc. // Agujeros en un muro de contención para el paso del agua.

**Ménsula:** elemento arquitectónico o decorativo empotrado o sobresaliente en una pared o paramento, y que sirve para sostener alguna cosa.

**Modillón:** saliente a modo de canecillo que repetidamente se coloca en el remate de un muro, debajo del alero, y de piedra tallada, lisa

o con motivos alegóricos. // Can-Canecillo-Mutulo.

**Moqueta:** tipo de alfombra de poco espesor que se coloca o pega en pavimentos y se dispone en rollos para cortar y unir a la medida, o bien en losetas o planchas de mediano tamaño, siendo generalmente de lana, fibra o mezclas.

**Mudejar:** aplícase a los árabes o mahometanos que, sin mudar de religión, quedaban como vasallos de los Reyes Católicos en la Edad Media. // Estilo artístico con esa influencia árabe.

## N

**Nervadura:** conjunto de nervios. // Moldura en forma de nervios.

## P

**Par:** cada uno de los maderos de una cercha o cuchillo para cubiertas y que tienen la inclinación del tejado. // Alfarda.

**Paredaña:** que está pared por medio del lugar a que se alude. "Viga paredaña".

**Pasamuros:** orificio o manguito aislante para dejar pasar a los cables eléctricos que atraviesan un muro.

**Picadero:** pieza horizontal en la que se apoyan y clavan los pares de una cubierta, pudiendo estar cajeados o no, siendo las cubiertas a una, dos o más aguas.

**Pico de flauta:** corte que se da a dos maderos para su empalme, en forma oblicua.

**Pletina:** perfil de hierro o acero, rectangular, con dimensiones al menos de 4 mm de espesor, sin pasar de 10 mm y no exceder de 200 mm de anchura.

**Plinto:** pedestal paralelepípedo. // Parte cuadrada inferior de una basa. // Basa cuadrada de poca altura.

**Pórtico:** sitio cubierto y con columnas que se construye delante de los templos u otros edificios suntuosos. // Estructura, o parte de ella, formada por pilares y dintel, ya sea empotrado o apoyado.

## R

**Rastrel:** ristrel. // Listón que se recibe en un suelo o pared para fijar, clavando o pegando, tablas de entarimado o similar.

**Reológico:** reología. // Rama de la mecánica que estudia las leyes de las deformaciones producidas por causas tensionales a lo largo del tiempo.

**Retacar:** rellenar apretando con percusión un hueco o una junta, con algún material adecuado (mortero, yeso, cacotes, estopa, etcétera).

**Retallo:** saliente o resalto que queda en el paramento de un muro.

**Ripia:** tabla de inferior calidad, delgada, desigual y sin pulir. // Costero del madero aserrado.

**Rollizo:** madera en rollo. // Tronco de madera de un árbol apropiado para el uso a que se le destina o rama gruesa, recta, desramada y limpia.

## S

**Socarrena:** hueco entre cado dos maderos o vigas de un suelo o piso resistente. // También entre pares de la cubierta de un tejado.

**Solado:** revestimiento de un piso con ladrillos, losas, baldosines, madera u otro material análogo, en piezas o continuo.

**Solera:** elemento superficial plano que forma el fondo de un canal, horno o construcción en general. // Madero o tablón colocado horizontalmente, apoyado en el suelo para sustentar otras piezas en él. // Piedra sobre la que apoya un pie derecho. // Madero colocado y recibido en un muro para apoyar en él las vigas de un piso.

**Soliva:** viga de madera de un forjado, piso o cubierta.

**Soportal:** espacio cubierto anterior a la entrada principal de un edificio. // Pórtico a modo de claustro, que tienen algunos edificios o conjuntos de ellos, para proteger a los viandantes de la lluvia o frío, etcétera.

**Sofito:** plano inferior del saliente de una cornisa o de otro cuerpo voladizo.

## T

**Tirante:** pieza o elemento horizontal, que trabaja a tracción, en una cercha de armadura para cubierta, en madera o hierro.

**Tomiza:** cuerda o soguilla de esparto empleada en la construcción con varios fines, hoy casi en desuso, pues se usaba mucho en el enrollado o "entorchado" de vigas o pilares, y que se clavan con clavos tabaques o también se emplean para sujetar los cañizos de los cielos rasos.

**Tornapunta:** pieza o elemento de madera o hierro, colocado inclinado, apoyado en un elemento vertical y que transmite los esfuerzos al suelo o a una pieza horizontal.

**Travesaño:** pieza de madera o metálica que atraviesa de una parte a otra.

**Tresbolillo:** dicese de la plantación hecha en filas de modo que las plantas de cada fila correspondan al medio de la fila inmediata, aplicable a toda la construcción y arquitectura, por ejemplo, clavazón, roblonado, pilares de una estructura, pilotaje, etcétera.

## V

**Varal:** vara muy larga y gruesa. // Madero colocado verticalmente entre los bastidores de los teatros, en el cual se ponen luces para alumbrar la escena. // Armazón de cañas o palos.

**Virotillo:** puntal corto que se apoya en una madera horizontal y sostiene otro horizontal o inclinado.

## X

**Xilófagos:** insectos que roen la madera.

## Z

**Zoquete:** trozo o taco de madera que se coloca entre las vigas de un piso para evitar su deformación.

**Zuncho:** refuerzo de contorno, aro o similar destinado a atar varios elementos o el borde de una superficie.

## Bibliografía

*El pequeño Larousse ilustrado*, Diccionario enciclopédico, Ediciones Larousse, 1996.

ISOBA, MAXIMILIANO: *Propuesta de norma cubana. Estructuras de madera aserrada y laminada encolada*, versión noviembre de 2002.

NC 53-179/ 1988, *Estructuras de madera. Métodos de cálculo*, Comité Estatal de Normalización.

## BIBLIOGRAFÍA GENERAL

- ACEVEDO CATA, J.: *Materiales de construcción*, Ediciones, La Habana, 1985, pp. 448-466.
- Árboles maderables de Cuba, Instituto del Libro, La Habana, 1970.
- ARISTIZÁBAL PARRA, VIRGINIA: *Guía para auto-construcción utilizando la guadua como elemento principal*, 3ra Ed. Pereira Colombia: GTZ, Cooperación Alemana al Desarrollo, 2000.
- BETANCOURT BARROSO, A.: *Árboles maderables exóticos en Cuba*, Editorial Científico-Técnica, La Habana, 2000.
- : *Silvicultura especial de árboles maderables tropicales*, Editorial Científico-Técnica, La Habana, 1999.
- Biblioteca Atrium de la Carpintería*, Tomo 1, “Los materiales”, Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.
- : Tomo 2, “El manipulado”, Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.
- : Tomo 3, “Carpintería de armar y de taller”, Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.
- : Tomo 4, “Oficios a fines”, Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.
- : Tomo 5, “Nuevas aplicaciones”, Ediciones Océano, S.A. Barcelona, España, 1993.
- Colectivo de autores: *Pedagogía*, Editorial de libros para la educación, Ciudad de la Habana, 1992.
- Cuba. Turismo Internacional: Reglamentación del proceso inversionista*, Tomo II, La Habana, julio 1989, p. 225.
- Curso de patología, conservación y restauración de edificios*, Tomo 2, Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM), Segunda Edición, noviembre de 1993.
- Curso sobre la madera en la construcción*, (S.I.): FICYT: A.I.T.I.M., marzo, 1994.
- DE LAS CUEVAS TORAYA, J.: *La industria de cubana de materiales de construcción*, Ministerio de la Industria de la Construcción, La Habana, 1993, pp. 194-198.
- : *500 años de arquitectura en Cuba*, Ed. Chavín, La Habana, 2001.
- El bahareque en la región del Caribe*, Fondo Nacional de Formación Profesional para la Industria de la Construcción, FIC, Bogotá, 1990, p. 56.
- El pequeño Larousse ilustrado*, Diccionario enciclopédico, Ediciones Larousse, 1996.
- Estado de la Ciencia*, Principales indicadores de la Ciencia y Tecnología Iberoamericanos / Interamericanos 2001, (RICYT), Buenos Aires, 2002.
- Forjadores de la arquitectura moderna*, Instituto Cubano del Libro, La Habana, 1970.
- FORS, ALBERTO J.: *Maderas cubanas*, Instituto Nacional de Reforma Agraria, La Habana, 1965.
- GUIGOU, C.: *La Madera*, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Las Palmas, Departamento de Construcción Arquitectónica, Gran Canaria, España.
- HERMANO, LEÓN: *Flora de Cuba*, Tomos I, II, III y IV, Ed. Cultural S.A., La Habana, 1945.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R. y otros: *Metodología de la investigación*, Editorial McGraw-Hill, México, 1998.
- HESS, FRIEDRICH: *Construcción y forma en arquitectura*, Soc. Anon. de Impresiones Generales, Reconquista 319, Buenos Aires, enero 1954.
- ISOBA, MAXIMILIANO: *Propuesta de norma cubana. Estructuras de madera aserrada y laminada encolada*, versión noviembre de 2002.
- III Jornada Internacional de la Ingeniería Civil en Cuba, “Prof. Ing. José Menéndez Menéndez In Memoriam”, Sociedad de Ingeniería Civil, UNAICC, La Habana, 2006.
- “La madera: Tendencias y perspectivas mundiales”, Estudio básico No. 16, Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, 1967.
- Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado*, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS-

MENÉNDEZ MENÉNDEZ, JOSÉ: *Desperfectos en construcciones de ingeniería y arquitectura*, Editorial Centro de Información de la Construcción, Ciudad de La Habana, 1986.

—————: “Construcciones de madera. El Material”, *Revista Ingeniería Civil*, No. 4/84.

MERCADO, LUIS PAULO L.: *Formação continuada de professores e novas tecnologias*, Maceió: Edufal, 1999.

MORÁN UBIDIA, JORGE A.: *Preservación del bambú en América, mediante métodos tradicionales*, INBAR, Red Internacional del Bambú y Ratán.

MORÁN UBIDIA, JORGE A. y RONALD POPPENS: *Manual de Construcción: Vivir con Guadua*, INBAR, Red Internacional del Bambú y Ratán, Quito, 2006.

PITA, SEVERINO: *La madera al servicio del arquitecto*, Editorial Contemporanea, Buenos Aires, 1949.

ROBLES FERNÁNDEZ-VILLEGAS, FRANCISCO y RAMÓN ECHENIQUE MANRIQUE: *Estructuras de madera*, Ed. LIMUSA, México, 1991.

SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, F.: “Introducción a las técnicas de construcción”, Sección de Publicaciones Docentes de la Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, 1988.

SEELEY, I. H.: *Tecnología de la construcción*, Ed. Limusa, México DF, 2002, pp. 116-124.

SEGRE, ROBERTO y otros: *Historia de la arquitectura y del urbanismo: América Latina y Cuba*, Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1986.

STOTHERT, K. E.: *Cultura Las Vegas. La Prehistoria Temprana de la Península de Santa Elena*, Guayaquil, Ecuador, 1998.

*Tecnología de la madera*, Instituto del Libro, La Habana, 1968.

TORROJA, E.: *Razón y ser de los tipos estructurales*, Asociación de Estudiantes de Tecnología, Publicaciones 1962.

WEISS E., JOAQUÍN: *La arquitectura colonial cubana, siglos XVI al XIX*, Instituto Cubano del Libro, La Habana-Sevilla, 1996.

*Direcciones electrónicas:*

[http://scholar.google.com/scholar?q=la+madera+en+la+construccion&num=50&hl=es&lr=lang\\_es&as\\_qdr=all&as\\_rights=\(cc\\_publicdomain%7Ccc\\_attribute%7Ccc\\_sharealike%7Ccc\\_noncommercial%7Ccc\\_nonderived\)&oi=scholart](http://scholar.google.com/scholar?q=la+madera+en+la+construccion&num=50&hl=es&lr=lang_es&as_qdr=all&as_rights=(cc_publicdomain%7Ccc_attribute%7Ccc_sharealike%7Ccc_noncommercial%7Ccc_nonderived)&oi=scholart)

[http://scholar.google.com/scholar?num=50&hl=es&lr=lang\\_es&as\\_qdr=all&q=related:xvgUT9bg\\_buYJ:scholar.google.com/](http://scholar.google.com/scholar?num=50&hl=es&lr=lang_es&as_qdr=all&q=related:xvgUT9bg_buYJ:scholar.google.com/)

[http://usuarios.lycos.es/noceu/libro\\_de\\_visitas.htm](http://usuarios.lycos.es/noceu/libro_de_visitas.htm)

[http://www.agrocadenas.gov.co/inteligencia/int\\_madera.htm](http://www.agrocadenas.gov.co/inteligencia/int_madera.htm)

<http://www.conicyt.cl/bases/fondef/proyecto/00/i/d00i1075.html>

[www.acpddd.com/tratamiento\\_madera.htm](http://www.acpddd.com/tratamiento_madera.htm)

[www.monografias.com/trabajos15/preserv.madera/.shtm](http://www.monografias.com/trabajos15/preserv.madera/.shtm)

[www.propinal.es/plagas/images/fichas.gif](http://www.propinal.es/plagas/images/fichas.gif)

*Entrevistas a:*

Daniel Rodríguez Pérez. Desmochador.

Dra. Hilda Margarita Valdesprietto Roche. Universidad de Cienfuegos.

Dr. C. Ing. Cristóbal Ríos. Facultad de Ciencias Agropecuarias – UCLV.

Emerio Quintero Pérez. Carpintero.

Juan Castillo León. Carpintero Cobijador.

M.Sc. Arq. Frank Bernal Turiño. EMPA Sancti Spiritus.

M.Sc. Ing. Juan José Dopico Montes de Oca. FC – UCLV.

M.Sc. Ing. Miguel Mariano Meneses Torres. EDING Sancti Spiritus.

M.Sc. Ing. Pedro A. Seijo Pérez. FC – UCLV.

M.Sc. Ing. Pedro Nolazco Ruiz. CIDEM - FC – UCLV.

Otilio Rodríguez Rodríguez. Cobijador.

Reinaldo García Rodríguez. Carpintero Cobijador.

Tito Oceja Cárdenas. Carpintero Cobijador.

Victoriano Castillo León. Carpintero Cobijador.

## **LOS AUTORES**

### **Fernando Sánchez Rodríguez**

Arquitecto, Doctor en Ciencias Técnicas y Profesor Titular del Departamento de Arquitectura de la Facultad de Construcciones en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Es jefe de la disciplina Tecnología de la Construcción. Profesor de asignaturas de Tecnologías de construcción, Patologías y Terapéuticas, así como Construcciones sustentables. Tiene publicados otros textos sobre obras de fábrica e impermeabilización de cubiertas. Ha publicado artículos sobre estas temáticas en revistas nacionales e internacionales.

### **Hugo Yasser Ramírez Ibarrollín**

Arquitecto. Proyectista de la Empresa de Servicios de Ingeniería y Diseño en Sancti Spíritus. Presidente de la Comisión de Paisajismo de la UNAICC en su provincia. Miembro de la Asociación Cubana de Comunicadores Sociales (ACCS).