

1

USOS ESTRUCTURALES DE LA MADERA

La madera tiene una larga historia de uso con fines estructurales, en especial en las regiones donde existen grandes cantidades de madera en pie. A principios de la época de la colonización de Estados Unidos, extensas zonas de este país estaban cubiertas de bosques. Realmente era un gran problema para los primeros colonizadores de las regiones del Este, del Sureste y del Oeste medio. El tránsito se dificultaba debido a la densidad de los bosques, y hasta mediados del siglo XIX, se realizaba principalmente a través de los numerosos ríos navegables. Como en muchos otros países en la actualidad, tenía que obtenerse tierra para el cultivo o para el apacentamiento de animales por medio de la quema o destrucción de zonas forestales.

Si bien se perdió gran parte de ese bosque denso primigenio (especialmente grandes extensiones de árboles en pie de especies de latifoliadas o maderas duras), se utilizó una gran cantidad de madera para la construcción. Así, se inició una tradición de construcción con madera y se estableció una vasta industria. Esta industria continúa en la actualidad, y la madera sigue siendo un recurso principal en la construcción de edificios.

Ya no se construye extensamente con este recurso. Las cabañas de troncos, las tablas cortadas toscamente con hacha y las construcciones de postes con troncos descortezados no constituyen la mayoría de los edificios. En la actualidad, la madera como material de construcción se utiliza como un producto

industrializado, que recibe un tratamiento considerable en su camino al lugar de la obra.

Un uso principal que prevalece (y que se estudia en forma detallada en este libro) es el de las piezas de madera que se someten a un proceso ligero, en el que se cortan directamente de los troncos, se cepillan un poco y se usan tan rápido como sea posible en su forma sólida cortada.

En este capítulo se tratan algunos de los temas básicos acerca de la utilización de la madera, y se hace énfasis en su uso directo como madera estructural.

1.1 INTRODUCCIÓN

El tipo particular de árbol del cual proviene una madera se llama *especie*. Aunque hay miles de especies de árboles, la mayor parte de la madera estructural proviene de unas cuantas docenas de especies seleccionadas para procesarlas como madera comercial.

Los árboles cuya madera se emplea en la construcción se clasifican en dos grupos: las coníferas, mal llamadas árboles de *madera blanda* y las latifoliadas o de *madera dura*. Entre los primeros están los pinos y las piceas, en tanto que, entre los de "madera dura" están, por ejemplo, los encinos y los arces cuyas hojas son anchas. Los términos madera blanda y madera dura no indican el verdadero grado de dureza de las diferentes especies de árboles. Algunos árboles de madera blanda son tan duros como los árboles de madera dura de densidad media, en tanto que algunas especies de árboles de madera dura tienen madera más suave que algunos de los árboles de madera blanda. Las dos especies de árboles que más se usan para obtener madera estructural en Estados Unidos son los pinos del Sur de este país y el abeto Douglas; los dos se clasifican entre las maderas blandas. Sin embargo, muchas otras especies también se usan como madera estructural. Aunque frecuentemente los términos *madera sólida* y *madera estructural* se usan indistintamente, el uso actual tiende a reservar el término madera sólida aserrada para los miembros de madera de construcción de mayor sección transversal.

1.2 CRECIMIENTO DE LOS ÁRBOLES

Los árboles que se usan para obtener madera estructural en Estados Unidos son exógenos; es decir, aumentan de tamaño creando madera en la superficie exterior debajo de la corteza. En la sección transversal del tronco de un árbol se observan las capas de madera nueva que se forman anualmente. Estos anillos, que se llaman *anillos anuales*, con frecuencia están compuestos de material alternado de color claro y de color oscuro. En la mayoría de las regiones, las capas más porosas de color claro crecen en los meses más cálidos del año

(primavera y verano en el Hemisferio Norte) y las capas más densas de color oscuro crecen en los meses más fríos.

El número de anillos anuales en la base del tronco de un árbol indica la edad del árbol. Para que se forme un tronco suficientemente grande para obtener madera estructural, se requieren varios años de crecimiento; el número de años depende del clima y del tipo de árbol. Sin embargo, en un sentido real, no importa cuántos años tome, la madera es un recurso renovable en lo que respecta a materiales de construcción.

La banda más reciente de anillos anuales en el borde exterior del tronco se conoce con el nombre de *albura*. Generalmente, ésta es de un color más claro que la madera del centro del tronco, que se conoce con el nombre de *duramen*. Para propósitos específicos, el material más deseable puede ser la albura o el duramen. Sin embargo, con mucha frecuencia es muy importante cómo se corta del tronco una pieza individual de madera con respecto a la orientación del patrón general de los anillos anuales.

La estructura de la madera está compuesta principalmente de células largas y esbeltas llamadas *fibras*. Estas células tienen una forma tubular hueca, cuya longitud sigue la dirección longitudinal del tronco (hacia arriba del árbol para el transporte de agua y nutrientes durante el crecimiento). Esto imparte a las piezas cortadas de la madera una característica que se conoce como *veta*; ésta se dirige a lo largo de las piezas cortadas de la madera. Esto a su vez suministra una referencia para observar diferentes acciones estructurales relacionadas con la veta; es decir, si son *paralelas a la veta, perpendiculares a la veta u oblicuas a la misma*.

Las células fibrosas y tubulares de la madera están compuestas principalmente de *celulosa*, y el material que aglutina a las células se llama *lignina*. Estos dos materiales son los principales componentes químicos de la madera.

1.3 DENSIDAD DE LA MADERA

Las diferencias en la disposición y tamaño de las células huecas, así como el espesor de las paredes de las células determina el peso específico de las diferentes especies de madera. La resistencia de la madera está íntimamente relacionada con su densidad. El término *vena* o *fibra apretada* se refiere a la madera que tiene anillos anuales angostos, con separaciones muy pequeñas. En algunas especies, como el abeto Douglas *pseudotsuga menziesii* y el pino amarillo del Sur, es notable el contraste entre la madera de primavera y la de verano, y la proporción que tengan de madera de verano es una base visual para tener una estimación de su resistencia y densidad. El peso de la sustancia leñosa en todas las especies se acerca a 1.53 veces el peso del agua, pero las células de la madera contienen aire en diferentes proporciones; por lo tanto, el peso de las especies varía no sólo por su densidad, sino también por su conte-

nido de humedad. Cuando se trata de hacer cálculos en este libro, se toma como peso promedio de la madera 35 lb por pie³.

1.4 DEFECTOS DE LA MADERA

Cualquier irregularidad en la madera que afecte su resistencia o durabilidad se conoce como *defecto*. A causa de las características naturales del material, varios defectos comunes son inherentes a la madera. Los más comunes se describen a continuación.

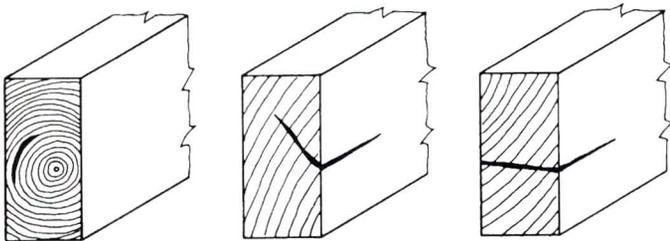
Un *nudo* es la parte de una rama que ha sido rodeada por el crecimiento posterior del árbol. Hay varios tipos y clasificaciones de nudos, y la resistencia de un miembro estructural resulta afectada por las dimensiones y la ubicación de los nudos que pueda contener. Las reglas para clasificar la madera estructural en grados son específicas respecto al número, dimensiones y la posición de los nudos y se considera su presencia al determinar los esfuerzos unitarios admisibles que se conocen como *valores de diseño*.

Una *fenda* o *rajadura* es una separación a lo largo de la veta, principalmente entre los anillos anuales. En la figura 1.1a se muestra la sección transversal de una fenda o rajadura. Las rajaduras reducen la resistencia al esfuerzo cortante y, por tanto, los miembros sujetos a flexión resultan afectados directamente por su presencia. Las rajaduras no afectan, en gran medida, la resistencia de los miembros sometidos a compresión longitudinal (columnas, postes, etc.).

Una *grieta* es una separación a lo largo de la veta, cuya mayor parte atraviesa los anillos anuales (figura 1.1b). Las grietas se producen generalmente a partir del proceso de curado. Al igual que las fendas o rajaduras, las grietas también reducen la resistencia al esfuerzo cortante.

En la figura 1.1c se ilustra una *hendidura*. Se define como una separación longitudinal de la madera que atraviesa la pieza desde una superficie a la otra.

Una *bolsa de resina* es una abertura paralela a los anillos anuales que contiene resina, ya sea sólida o líquida.



(a) Fenda o rajadura

(b) Grieta

(c) Hendidura

Figura 1.1 Defectos comunes en la madera para construcción.

Con frecuencia, los troncos tienen forma cónica y cuando se aserra una pieza larga de madera de un tronco de árbol corto, o se corta de un madero que no se mantuvo recto durante el corte, se puede presentar una condición que se describe como una pieza de madera que tiene *veta oblicua*. Esto tiene algunos efectos directos sobre ciertos usos estructurales y es una de las propiedades de una pieza individual de madera para construcción, que se observa cuando se evalúa la pieza con respecto a aplicaciones estructurales.

Un aspecto importante de la madera para construcción es el problema general de la *putrición* de la madera. En realidad, éste es un proceso natural del material orgánico (que estuvo vivo) por lo que la conservación de la madera es, literalmente, un esfuerzo que desafía a la naturaleza. Se presenta cierto grado de descomposición dentro del árbol, incluso durante su periodo de crecimiento, lo que produce bolsas de pudrición que son otra forma de defecto de las piezas de madera. La podredumbre ya existente se puede evitar o suspender mediante el tratamiento de la madera, o eliminar, simplemente, retirando las partes podridas. A menudo es más preocupante la pudrición nueva o en proceso, ya que representa un problema importante en el proceso general de la construcción. Son posibles varios tratamientos, incluyendo la impregnación de la masa de la madera con sustancias químicas para detener la descomposición futura. En este aspecto, es especialmente vulnerable la madera sin tratamiento y expuesta a la intemperie.

1.5 CURADO DE LA MADERA

Toda la madera contiene humedad, por lo que la utilidad de ésta en la construcción se mejora, generalmente, reduciendo la cantidad de humedad a un valor inferior al del contenido en las piezas recién cortadas, que se conocen como *madera verde*. Se conoce como *curado* al proceso de remoción de humedad de la madera verde; se efectúa exponiendo la madera a aire más seco durante un largo periodo o calentándola en hornos para expulsar la humedad. Ya sea *secada al aire* o *secada en horno*, la madera curada es en general más rígida, más fuerte y menos propensa a cambiar de forma.

La desecación de la madera conduce a una contracción de la estructura celular del material. Esto se presenta de manera diferente en las tres direcciones principales: a lo largo de la veta, paralela a los anillos anuales y perpendicular a éstos. Por esto es muy importante la orientación de la veta, así como su uniformidad y ausencia de defectos grandes. Deben esperarse, hasta cierto punto, cambios de forma y dimensionales, los cuales afectan una propiedad que se conoce como *estabilidad dimensional* de la madera. Es muy importante que se presente este cambio, tanto como sea posible, antes de la instalación de la madera en el ensamble de la construcción.

El *contenido de humedad* de la madera se define como la relación entre el peso del agua contenida en una pieza de madera y el peso de una muestra seca en horno (humedad cero), expresada como porcentaje. Se han establecido límites específicos de este valor para aplicaciones estructurales.

1.6 CLASIFICACIÓN DE LA MADERA ESTRUCTURAL POR USOS

Debido a que los efectos de los defectos naturales sobre la resistencia de la madera dependen del tipo de carga a la cual se sujeta una pieza individual, la madera para construcción se clasifica según sus *dimensiones* y *uso*. Las cuatro clasificaciones principales son madera de sierra, vigas y largueros, postes y vigas grandes y madera para piso y cubiertas. Se les define como sigue:

Madera de sierra. Los elementos tienen secciones transversales rectangulares con dimensiones nominales de 2 a 4 pulgadas de grueso y 2 o más pulgadas de ancho. Esta clasificación se subdivide en clases para *marco liviano* de 2 a 4 pulgadas de ancho y *viguetas* y *tablones* de 5 pulgadas de ancho o mayores.

Vigas y largueros. Las secciones transversales rectangulares de 5 pulgadas o más de grueso y un ancho mayor que el grueso por más de 2 pulgadas, se clasifican según su resistencia a la flexión cuando soportan la carga sobre la cara angosta.

Postes y vigas grandes. Las secciones transversales cuadradas o casi cuadradas con dimensiones nominales de 5 × 5 pulgadas o mayores se utilizan, principalmente, en postes o columnas, pero se adaptan a otros usos si la resistencia a la flexión no es en especial importante.

Cubiertas. La madera para cubiertas consta de elementos de 2 pulgadas a 4 pulgadas de grueso, de 6 pulgadas o más de ancho, con orillas de lengüeta y ranura o con ranura para lengüeta postiza en la cara angosta. La madera para piso se usa con la cara ancha colocada de plano en contacto con los miembros de apoyo.

Existe alguna confusión en los términos que se usan para referirse a las dimensiones de una sección transversal rectangular de madera. En las clasificaciones por uso descritas anteriormente, el término *grueso* se usa para la dimensión más pequeña y *ancho* se usa para la dimensión más grande de una sección oblonga. Sin embargo, cuando se trata de secciones de vigas (para vigas que soportan carga vertical), es común usar ancho para definir la dimensión horizontal (la dimensión más pequeña) y peralte para la dimensión

vertical (la dimensión más grande). Se tratará de no complicar esta confusión, pero infortunadamente ya existe en las publicaciones de referencia.

1.7 DIMENSIONES NOMINALES Y EFECTIVAS

Una pieza individual de madera estructural se designa por sus dimensiones transversales nominales. Como ejemplo, se habla de una pieza de 6 por 12 (se escribe 6×12) con lo cual se quiere decir una pieza de madera con un ancho de 6 pulgadas y una pendiente de 12 pulgadas; la longitud es variable. Sin embargo, después de cepillarla en los cuatro lados (S4S) las dimensiones reales de esta pieza son $5 \frac{1}{2} \times 11 \frac{1}{2}$ pulgadas. En las primeras dos columnas de la tabla 5.1 se dan las dimensiones nominales y efectivas estándar de la madera estructural.

La madera se vende según el contenido de las dimensiones nominales, expresado en términos de *pie tablón*. Un pie tablón es el contenido de un volumen de $12" \times 12" \times 1" = 144 \text{ pulg}^3$, es decir, $\frac{1}{12} \text{ pie}^3$ usando dimensiones nominales.

1.8 CLASES DE MADERA ESTRUCTURAL

La clasificación es necesaria para identificar la calidad de la madera. Las categorías o clases estructurales se establecen en relación con las propiedades de resistencia y clasificación de uso, de modo que puedan asignarse esfuerzos admisibles para el diseño (capítulo 4). A las clases individuales de las diversas especies se les designa comercialmente como Núm. 1, Núm. 2, Estructural selecto y Denso Núm. 2 por las reglas de clasificación de la instancia que inter venga. Algunas de estas asociaciones de la industria son la *Southern Pine Inspection Bureau* (Oficina de inspección del pino del Sur de Estados Unidos), la *West Coast Lumber Inspection Bureau* (Oficina de inspección de la madera en la costa occidental) y la *Western Wood Products Association* (Asociación del Occidente de productos de la madera).

