

LA MADERA Y SUS PROPIEDADES

Por: Antonio GUTIERREZ Oliva

Ingeniero de Montes

Departamento de Maderas, del INIA

(II)

Una propiedad física de la madera, connatural con los cambios de la misma por debajo del P.S.F. es la contracción.

Se designa con este nombre la propiedad que posee la madera de variar en sus dimensiones y en su volumen, cuando su estado de humedad varía. Esto da lugar a los fenómenos comúnmente llamados «movimientos, trabajo o juego de la madera». Si el fenómeno es de aumento de volumen, se designa con el nombre de «hinchazón», y si ocurre el fenómeno inverso, «merma».

El aumento de volumen con la humedad es prácticamente proporcional a la misma, hasta un punto que coincide aproximadamente con el 25% de humedad, siguiendo aumentando el volumen pero con incrementos cada vez menores hasta el punto de saturación de las fibras, cuyo valor es del orden de 30, a partir del cual el volumen permanece prácticamente constante, aunque en realidad el volumen máximo tiene lugar entre el 40 ó el 60% de humedad.

Las variaciones de volumen que acabamos de exponer, no son suficientes, en muchos casos, para darse cuenta del complejo de fenómenos que intervienen en el movimiento de la madera y que tienen como resultado las variaciones lineales de sus tres dimensiones: longitudinal, tangencial y radial, con contracciones muy diferentes para cada una, como consecuencia de ser la madera un material anisótropo.

En el sentido longitudinal o de la fibra de la madera, el movimiento es muy pequeño, y en la práctica se considera nulo; en este fenómeno se funda la estructura de cuadro.

En el sentido tangencial, la contracción es, en general, de 1,5 a 2 veces mayor que en el sentido radial. Esta diferencia de contracciones, según los sentidos radial y tangencial de la

madera, es una de las causas de las deformaciones que ésta experimenta durante el proceso de desecación.

Existe algunas clases de maderas en las que las contracciones radial y tangencial son prácticamente iguales; son las maderas de ebanistería por excelencia, las caobas principalmente. Entre las maderas españolas tenemos el nogal.

El valor de la contracción total, tanto volumétrica como lineal en sus tres direcciones, puede darse referida al estado anhidro, o bien, al estado saturado, siendo el primero el más usado.

La contracción tiene la relación directa con el peso específico; de ahí que, a título orientativo, según «Koebler» pueden admitirse los siguientes valores:

$$\begin{aligned} CV &= 28 R_0, \\ CT &= 17 R_0, \\ CR &= 9,5 R_0, \\ CL &= 1,5 R_0 \end{aligned}$$

y según Villiere

$$\begin{aligned} CV &= 28 R_s, \\ CT &= 18,6 R_s, \\ CR &= 9,3 R_s \end{aligned}$$

siendo R_0 el peso específico anhidro y, R_s , el peso seco volumétrico saturado.

Propiedades mecánicas de la madera

Las propiedades mecánicas de la madera son aquellas que miden su aptitud y habilidad para resistir fuerzas externas. No incluyéndose, por tanto, los esfuerzos debidos a las tensiones internas ocasionadas por cambios de humedad.

La tensión que una pieza de madera puede soportar, está fuertemente afectada por:

- la dirección del esfuerzo
- la duración de la carga
- el contenido de humedad
- la densidad

Bajo ciertas condiciones el comportamiento mecánico de la madera nos da a entender que se trata de un material visco-elástico. La explicación de tal comportamiento se encuentra en la estructura amorfo-cristalina de la pared celular.

Sin embargo, bajo cargas pequeñas, la madera se deforma de acuerdo con la ley de Hooke, es decir, que la deformación en una pieza de madera es proporcional a la tensión o fuerza por unidad de área.

Cuando se pasa del límite de proporcionalidad la madera se comporta como un cuerpo plástico y toma una deformación permanente. Al seguir en aumento la carga, llega un momento en que ocurre la rotura. La tensión a la cual ocurre la rotura se denomina resistencia máxima o simplemente resistencia.

En una probeta cargada a flexión, la tensión a la rotura de la fibra extrema (compresión o tensión) calculada a partir del tipo de carga aplicada, forma de apoyos y las dimensiones de las probetas, se llama módulo de rotura.

Dentro de las propiedades elásticas, la más interesante es el módulo de elasticidad considerándose, tres módulos, según las tres direcciones principales de la madera. El módulo en la dirección axial es del orden de 10 veces mayor que en la radial y unas 20 veces mayor que en la tangencial.

Los valores de M. E. en madera

y productos derivados de la madera son el orden siguiente:

	Kp/cm ²
Madera dirección axial	80.000 a 180.000
Contrachapado, paralelo a las fibras de las caras	50.000 a 100.000
Contrachapado, perpendicular a las fibras de las caras	20.000 a 70.000
Tablero de partículas	15.000 a 35.000
Tablero de fibras duros	15.000 a 30.000

Las propiedades mecánicas que más frecuentemente se determinan en los laboratorios son:

- Módulo de rotura a flexión.
- Resistencia a la compresión paralela a las fibras.
- Resistencia a la compresión perpendicular a las fibras.
- Resistencia al corte paralelo a las fibras.
- Resistencia al impacto.
- Tracción perpendicular a las fibras.
- Dureza.

y otras como,

- Tracción paralela a las fibras.
- Torsión.
- Tenacidad.
- Resistencia a la fatiga, etc.

La determinación de estas características se realizan con madera limpia, de fibra recta y en condiciones fijas de humedad; generalmente al 12% o en estado saturado.

Estos valores varían con:

Nudos.—Con mayor influencia en los ensayos de tracción que en los de compresión. En la resistencia a la flexión tiene gran importancia según la zona en que se encuentre.

Inclinación de la fibra.—Este defecto tiene una gran influencia en la resistencia al choque, quedando reducida al 36% de su valor para pendientes del 20%, mientras con la misma inclinación, la compresión axial sólo se reduce al 93% y el módulo de rotura a la flexión al 56%.

Roturas de compresión.—Debidas a sobrecargas accidentales del árbol, reduce sobre todo las resistencias al choque y tracción.

Temperatura.—En general, las características mecánicas están en rela-

ción inversa con la temperatura, y con el tiempo de exposición a la misma.

La humedad.—Tiene una gran influencia, por debajo del P. S. F., aumentando las resistencias al disminuir la humedad, según una curva que sólo puede considerarse recta para pequeñas diferencias de humedades. Existen fórmulas empíricas más o menos complicadas para calcular la resistencia a una humedad conociendo otro diferente. Las resistencias dinámicas no siguen esta regla general, sin afectarle apenas los cambios de humedad.

El peso específico.—Ya, por sí mismo, nos da una gran información del comportamiento mecánico de la madera. Así Villiere, en un trabajo sobre medios prácticos para obtener algunas características de maderas frías, conociendo el peso específico al 12% de humedad, da las siguientes relaciones:

- Compresión axial: $70\rho_{12} \text{ Kg/cm}^2$
- Compresión perpendicular: $1/3$ a $1/5$ compresión axial
- Tracción axial: 2 a 3 compresión axial
- Tracción perpendicular: 20 a 30 Kg/cm^2
- Cizallamiento longitudinal: 70 a 90 $\rho_{12} \text{ Kg/cm}^2$

El Wood Handbook, da relaciones similares, aunque determina las características proporcionales al peso seco volumétrico elevado a potencias que varían de $4/4$ en el M.E. hasta $9/4$ en la dureza y compresión perpendicular al gramo.

Tiempo de duración de la carga.—La resistencia disminuye con el tiempo de duración de la carga. Siendo del orden del 50% al cabo de 10 años, comparada con la resistencia obtenida en un ensayo de un minuto de duración.

Cálculo de las tensiones admisibles en la madera

El desconocimiento de las propiedades de la madera, junto a la gran variabilidad de las mismas, ha hecho que se considere como tensiones admisibles, valores muy inferiores a los que se podrían haber tomado.

A diferencia del hormigón y acero, con características prácticamente fijas según su composición, las características de la madera tienen grandes variaciones con la especie, dentro de la misma especie, e incluso dentro del mismo árbol, dando los resultados de ensayos con un campo de variación

bastante amplio. Además varía con la humedad, tiempo de carga, defectos, etc.

Por todo ello, se hace difícil determinar las TENSIONES ADMISIBLES DE LA MADERA.

El procedimiento que se sigue consiste en calcular las TENSIONES BÁSICAS de una especie de madera, que se puede definir como aquella que puede soportar la madera, que no esté afectada de algún defecto que reduzca sus características mecánicas, con seguridad y durante un tiempo indefinido. Es decir, que puede confundirse con las tensiones admisibles en el caso que se trate de una madera sana y sin defectos. En las tensiones básicas va incluido el coeficiente de seguridad.

Para determinar las tensiones admisibles, habrá que reducir las tensiones básicas en un porcentaje que depende de los defectos que contenga la madera.

Cálculo de las tensiones básicas

Se siguen los siguientes pasos:

— Se construyen probetas normalizadas, según la característica a determinar, de madera limpia, sin defecto y de fibra recta, tomadas aleatoriamente de todas las posibles que pueden tomarse de un lote, zona o país, de una especie determinada.

— Se ensaya a una humedad normalizada, que puede ser:

- a) en verde (30%) si la madera va a trabajar a humedades superiores al 18%.
- b) al 18% si las condiciones de uso no pasan de dicha humedad.
- c) al 12% o humedad normal, etc.

— Se calcula su valor medio y la desviación típica. Como los resultados tienen una distribución normal, la curva de frecuencias será la campana de Gaus.

Por la propiedad que tiene dicha curva de contener dentro del intervalo $X \pm 2, 336 \sigma$ (valor medio más menos 2,33 veces la desviación típica) el 98% de los resultados, tendremos que el 99% de los valores son superiores a $X - 2,336 \sigma$ (pues los valores del 1%, por la derecha, son favorables). De modo similar, el 98% de los valores son superiores a $X - 1,966 \sigma$.

A partir de este punto hay que tener en cuenta el tipo de sollicitación.

«LA MADERA Y SUS PROPIEDADES» (Viene de la pág. 15)

En los esfuerzos de flexión, tracción paralela a la fibra, compresión paralela a la fibra, corte paralelo a la fibra y módulo de elasticidad, se aplica la reducción al valor medio de 2,33 veces la desviación típica con lo cual, sólo el 1% de los resultados será inferior a ese límite fijado.

En el caso de compresión perpendicular a la fibra, por su especial modo de trabajo se puede tomar la reducción menor de 1,96 veces la desviación típica.

Al valor reducido anterior hay que aplicarle un coeficiente por cargas prolongadas, forma y tamaño de la pieza, sobrecargas accidentales, etc., cuyo valor se puede considerar como 2,25 para todos los tipos de solicitaciones, excepto para la compresión perpendicular a la fibra que es de 1,2 y la de compresión paralela a las fibras de 1,4.

De este modo se determina las tensiones básicas mediante la fórmula que exponemos en la siguiente columna.

En el caso de módulo de elasticidad el valor medio obtenido, se toma como básico. En el caso de piezas aisladas en la que es importante limitar la defle-

cción se toma el valor medio menos 2,33 veces la desviación típica.

En el caso que no se conozcan las tensiones básicas y sólo el valor de

$$\frac{X - 2,336 \sigma}{2,25}$$

(para las tensiones de flexión,
tracción y corte)

$$\frac{X - 2,336 \sigma}{1,4}$$

(para compresión paralela a la fibra)

$$\frac{X - 1,966 \sigma}{1,2}$$

(para compresión perpendicular
a la fibra)

rotura medio, pueden tomarse los siguientes valores de reducción:

- reducción en un 25% debido a la dispersión de resultados.
- sobre lo anterior un 43,8% por carga prolongada.

- sobre lo anterior un 40% de coeficiente de seguridad.
- el porcentaje resultante puede aumentarse o disminuirse, según las experiencias obtenidas en casos anteriores.

Con lo que podemos resumir que se ha aplicado a los valores medios obtenidos un coeficiente de seguridad de 4, excepto en el caso de compresión paralela a la fibra que es de 2,5 y de 1,5 en el caso de compresión perpendicular a la fibra.

En el próximo número se adjunta unas tablas que dan los valores de las tensiones básicas de las maderas más utilizadas en la industria.

Paso de las tensiones básicas a las tensiones admisibles

Las tensiones básicas para la madera, pueden considerarse como tensiones admisibles, únicamente bajo ciertas condiciones ideales, que concurren en aquellas maderas, cuyas características y condiciones de trabajo son las mismas que las de las muestras ensayadas. Raramente, por su origen orgánico, la calidad de la madera es perfecta, y pocas veces las condiciones de trabajo son óptimas.

(Continuará)