

# LAS PRINCIPALES MADERAS COMERCIALES DEL MUNDO

por **Fernando NAJERA**

*Interpretación de las  
condiciones de  
trabajo de las  
maderas en  
función de sus  
características  
físico-  
mecánicas*

Dada la precisión **que** hoy exige la industria a las condiciones de trabajo de los materiales de construcción, no es posible conocer las características de **una** determinada clase de madera por los medios empíricos de carácter artesano seguidos hasta la fecha y que venían apoyándose en la práctica consuetudinaria proporcionada por el constante empleo de las maderas de la zona templada.

El color de **una** madera, su densidad tanteada con la mano, su dureza apreciada con la uña, la anchura más o menos grande de los anillos anuales de crecimiento, la clase de nudos, la fibra, el grano y **su** origen o procedencia, eran datos valiosos para que los carpinteros y ebanistas supiesen distinguir a simple vista si una madera de roble era más o menos nerviosa, más o menos resistente, la calidad de una madera de nogal, la elasticidad de **un** fresno, etcétera.

Posteriormente vinieron los ensayos de laboratorio y los datos obtenidos permitieron dar valor técnico y clasificar con arreglo a categorías perfectamente especificadas **nues-**

tras maderas europeas, desde las de los bosques mediterráneos hasta las de los países septentrionales de Suecia y Finlandia.

En estas **circunstancias** se presentan en el **mercado** las nuevas **maderas** de las zonas tropicales, **con** las más extraordinarias gamas de densidad, dureza, fibras entrelazadas, carencia de anillos y, por **consiguiente**, **sin** datos de crecimiento y los más raros aspectos; en estas condiciones, el desconcierto entre los que tienen que trabajar dichas maderas es absoluto y no queda otro camino para conocer sus propiedades y llegar a determinar **su** comportamiento que emprender en el laboratorio el estudio de sus características físicas y mecánicas.

Por otra parte, esta necesidad apareció en forma verdaderamente acuciante cuando durante la primera guerra **mundial** era preciso buscar rápidamente maderas aptas para las construcciones aeronáuticas.

Fue el Ingeniero de Aguas y Bosques **Monnin**, del Servicio Forestal **francés**, el que en aquellos momentos sentó con criterio extraordinariamente científico y acertado **las** bases de un método, que hoy lleva **su** nombre, para estudiar y conocer las características físicas y mecánicas de las maderas.

El sistema de ensayos Monnin, sencillo y rápido, que hace tiempo fue normalizado por la Comisión Francesa de **Normalización** A. F. N. O. R., es el que seguimos nosotras en nuestros Laboratorios del Instituto Forestal de Investigaciones y al que **hemos** de referirnos en cuanto vamos a exponer a continuación.

Los ensayos de laboratorio de **una** madera no excluyen las pruebas de carácter práctico, pero es evidente que los datos que arrojan sus características **físico-mecánicas** reflejan con carácter general sus condiciones de trabajo.

La práctica no está en este caso en **discre-**

pancia con el laboratorio; unos y otros datos se complementan y sirven para aclarar fenómenos que aisladamente no tendrían explicación.

Ahora bien, es base **fundamental** para que los ensayos de laboratorio sean comparables entre unas y otras maderas el que se hagan siempre en las condiciones lo más homogéneas posible; si estas condiciones **no** se cumplen, no podremos comparar entre sí dos **clases** de madera y menos, por consiguiente, establecer una **clasificación** general de las maderas aptas para una determinada aplicación.

En estas condiciones las probetas para los diferentes ensayos deberán estar exentas de nudos y de toda clase de defectos físicos y **biológicos**: fendas, pudriciones, etc., y las fibras deberán estar rectas y nunca aparecerán **cortadas**.

El porcentaje de humedad de la madera, que tiene, **como** sabemos, una gran influencia sobre todas sus propiedades, exige que los ensayos se hagan siempre con el mismo grado de humedad; fijado en un 12 por 103, humedad normal internacional, por la Conferencia Internacional de Tecnología de la Madera que se reunió en Ginebra en 1949.

También la temperatura tiene influencia en los resultados de los ensayos y esta misma **Conferencia** tomó el acuerdo de que se trabajase siempre en el Laboratorio a una temperatura alrededor de los 20°.

Expuestas en líneas generales las **condiciones** básicas que deberán cumplir los ensayos de laboratorio, vamos a pasar a continuación a estudiar las características físicas y mecánicas de las maderas, estableciendo su clasificación en estrecha relación con **las** distintas condiciones de trabajo a que **cada** clase de madera pueda estar sometida.

## I. - Características físicas

Las características físicas más importantes de la madera, y de las que **vamos** a tratar seguidamente, son las siguientes:

1. Humedad o cantidad de agua.
2. Contracción o variación de las **dimensiones** en función de la variación de **humedad**.
3. Peso específico y densidad.
4. Dureza.

1. Humedad.— Como se sabe, la madera es **higroscópica** y contiene una determinada **can-**

**tidad** de agua que se llama grado de humedad o simplemente humedad de la **madera**, que se expresa en tanto por ciento de su peso anhidro y nunea en tanto por ciento de su peso total.

Esta humedad, que se designa por H, es dada **por** la fórmula:

$$H = \frac{P_H - P_0}{P_0} \times 100$$

siendo  $P_H$  = peso de la probeta en estado **hú-**

**medo** y **P.** = peso de la probeta deseada en estufa a  $103^{\circ} + 2^{\circ}$  hasta peso constante, es decir, hasta **que** ha perdido toda su agua sin alterar su constitución.

Por otra parte, no debe olvidarse que la humedad de la madera tiende siempre a ponerse en **equilibrio** con la humedad del ambiente y que sumergida en agua absorbe grandes cantidades de ésta hasta que alcanza su estado de saturación.

Con arreglo al porcentaje de humedad, la madera responde a los diversos estados y circunstancias que figuran en el cuadro n.º 1.

Cuando **los** ensayos de una madera se **hacen con** porcentajes de humedad diferentes del 12 por 100, existen coeficientes de corrección para que los valores encontrados sean los que **corresponden** a dicha humedad normal.

Punto de saturación de la fibra de una madera.—En una madera muy húmeda el agua se encuentra en dos formas diferentes: una **parte, que** se llama agua libre, llena en mayor o menor proporción los poros de la madera: vasos, luz de las fibras, intersticios entre células, etcétera, es decir, en forma parecida a como se encuentra el agua en el interior de **una** esponja, y su presencia no tiene en general influencia sobre las propiedades de la madera, si se exceptúa su densidad aparente.

Pero otra parte de **dicha** agua, llamada agua

de impregnación, está incorporada a la pared **celulósica** de las células, saturando de humedad **las** fibras de la madera y modificando sus propiedades Físicas y **mecánicas**.

Claro es que cuando se seca **una** madera el agua que primero se evapora es la que está en estado libre y esto **sucede** sin que se modifiquen las propiedades de la madera; desaparecida el agua **libre** queda exclusivamente el agua de impregnación del tejido leñoso.

La máxima humedad que puede contener una madera sin que aparezca agua libre se llama **punto** de saturación de la **fibra**.

Ahora bien, cuando el agua libre ha desaparecido y continúa la evaporación, empieza a disminuir el agua que impregna las fibras de la madera con modificación de sus propiedades **físico-mecánicas**; los tejidos leñosos de la madera disminuyen de volumen y al mismo tiempo su dureza y resistencia mecánica aumenta.

Tiene, por consiguiente, mucha importancia **conocer** el **punto** de saturación de la **fibra**, que en general oscila alrededor del 30 por 100; por excepción **algunas** maderas tienen el punto de saturación muy bajo, del 18 al 20 por 100, y **otras**, por el contrario, muy alto, del 35 al 40 por ciento.

Las maderas de punto de saturación **bajo** tienen estabilizadas sus características mecánicas cuando son empleadas en atmósferas **hú-**

Cuadro I: Estado de la madera según su % de humedad

Estado de la madera	H en %	Circunstancias del medio
Madera saturada ... ..	70 a 150 % o más	Madera sumergida en agua.
Madera verde ... ..	30 a 70 % o más	Madera en pie o cortada en el monte.
Madera semiseca ... ..	23 a 29 %	H que alcanza la madera aserrada.
Madera comercialmente seca ..	18 a 22 %	Durante su estancia al aire.
Madera seca al aire ... ..	17 %	Invierno en Europa.
	15 %	H normal de España.
	13 %	Verano de Europa.
Madera muy seca ... ..	8 a 12 %	H en locales con calefacción.
Madera anhidra... ..	0 %	En estufa a $103^{\circ}$ .

medas, como sucede en los climas tropicales húmedos, o si mediante un tratamiento determinado, impregnación **con** una sal higroscópica por ejemplo, se la mantiene con una humedad media igual o superior a un 18 por 100.

Por el contrario, si dichos maderas se emplean en atmósferas de humedad **más** baja, 12 por 100 por ejemplo, se deformarán extra-

ordinariamente cuando varíe dicha humedad; es el caso de las maderas que se llaman nerviosas.

Con respecto a las maderas de punto de saturación alto, en general son utilizadas en un medio con **un** porcentaje de humedad muy inferior al que corresponde al punto de saturación de la **fibra**, si se exceptúa el caso en que

se encuentran sumergidas; se moverán siempre bajo la influencia de las variaciones de humedad, pero son en general poco nerviosas.

2. Contracción. — Cuando una madera se seca por debajo del punto de saturación de la fibra disminuye de volumen y si vuelve a aumentar su **contenido** de humedad, también aumenta su volumen; este fenómeno, que cons-

tituye lo que se llama el movimiento o juego de la madera, constituye su tendón de Aquiles y por su importancia es necesario medirlo y representarlo **con** cifras.

Esta **medida** se hace expresando en tanto por **ciento** de su volumen anhidra la variación del volumen de una probeta que ha pasado del estado saturado de humedad al anhidro; este

Cuadro 11.—Contracción volumétrica total: B %

Clase	Contracción total B %	Tipo de comparación
Gran contracción	20 a 15 %	Madera en rollo con grandes fendas de desecación, que deberá aserrarse antes del secado (Haya, Fresno, Roble, Mangle, etc.).
Contracción media	15 a 10 %	Madera en rollo con fendas medias, pudiendo ser conservada en rollo para apeos de mina, postes, andamiaje (Resinosas, Acacias, Caoba de Africa, Okume, Limbo, etc.).
Pequeña contracción	10 a 5 %	Madera en rollo con pequeñas fendas que se puede secar antes de su despiezo, desenrollo, modelado (Nogal, Chopó, Ayous, Bossé, etc.).

Cuadro 111.—Coeficiente de contracción volumétrica: v %

Clase	Coeficiente de contracción v %	Tipo de comparación
Madera muy nerviosa	1 a 0,75 %	Madera que se deforma mucho bajo la influencia de las variaciones de humedad. Se debe emplear en medios de humedad constante. Ciertas Hayas, Eucaliptos, Tali, Mangle.
Madera medianamente nerviosa	0,75 a 0,55 %	Madera de despiezo radial. Roble, Carpe, Acacia, Bilinga, Niové.
Madera poco nerviosa	0,55 a 0,35 %	Madera de construcción.
Madera muy nerviosa	0,35 a 0,15 %	Madera de carpintería, ebanistería, tornería, escultura. Nogal, Roble, Fresno y Haya blanda; madera blanca, comprendidas las resinosas, Teca, Beng.

**fenómeno**, que se llama contracción volumétrica total, se presenta por la letra B y viene dado por la fórmula:

$$B \% = \frac{V_s - V_o}{V_o} \times 100$$

en la que V. = volumen de la probeta saturada de humedad y V. = volumen de la probeta en estado **anhidro**.

Ahora **bien**, esta medida de la contracción

volumétrica no es suficiente para determinar la calidad de una madera y es preciso saber cómo se comporta bajo la influencia de las variaciones de la humedad próximas, por **encima** o por debajo, a la humedad normal que es en general la que corresponde al ambiente de empleo de la madera.

Veamos ahora el coeficiente de contracción volumétrica, que mide la variación del volumen de la **madera** cuando su humedad varía un

l por 100. Este coeficiente, que se representa por la letra  $v$ , viene dado por la fórmula:

$$v \% = \frac{V_h - V_o}{V_o \times H} \times 100$$

en la que  $H$  = humedad de la madera.

Los cuadros II, III y IV nos permiten interpretar los valores de la **contracción volumétrica**, del coeficiente de contracción y del punto de saturación de la fibra para las diversas **clases** de maderas.

Por otra parte, las variaciones de volumen

Cuadro IV.—Punto de saturación de la fibra S

Punto de saturación de la fibra S	}	Bajo 25 %
		Normal 25 a 35 %
		Elevado 35 %

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 tiene 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**, es decir, extraordinariamente heterogéneo.

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; cuando no existen anillos de crecimientos dichos sentidos se toman con arreglo a los radios leñosos. Esta diferencia de contracciones, según el sentido de la madera, es la causa de **las** deformaciones **que** ésta experimenta durante el proceso de su desecación.

Existen algunas clases de maderas en las que las contracciones radial y tangencial son

Estada V.—Densidad e higroscopicidad al aire

Densidades	Resinosas	Frondosas
Muy ligera ... ..	< 0,40	< 0,50
Ligera... ..	0,40 a 0,49	0,50 a 0,64
Semipesada ... ..	0,50 a 0,59	0,65 a 0,79
Pesada... ..	0,60 a 0,70	0,80 a 0,95
Muy pesada ... ..	> 0,70	> 0,95
Higroscopicidad al aire = d. {	Débil .....	0,0015
	Normal .....	0,0030
	Fuerte .....	0,0050

prácticamente iguales; estas maderas, aun con una fuerte contracción, si se desecan **con cuidado** no se deforman; son las maderas de **ebanistería** por excelencia, las caobas principalmente.

Es, por **consiguiente**, de gran interés conocer la **cuantía** de las contracciones lineales en **los sentidos** radial y tangencial, medidas que hoy se **calculan** en la mayor parte de los laboratorios **dedicados** al estudio de las propiedades de las maderas.

Las fórmulas que para ello se emplean, aná-

logas a la ya conocida para **calcular** la contracción **volumétrica** total, son **las** siguientes:

$$R = \frac{R_o - R_s}{R_o} \times 100 \quad ; \quad T_g = \frac{T_{gs} - T_{go}}{T_{gs}} \times 100$$

en las que:  $R_s$  = longitud radial de la probeta en estado de saturación;  $R_o$  = longitud radial de la probeta en estado anhidro;  $T_{gs}$  = longitud tangencial de la probeta en estado de saturación;  $T_{go}$  = longitud tangencial de la probeta en estado anhidro.

3. Peso específico y densidad.—El peso **es-**

**pecífico** viene dado por la relación entre el peso de una probeta de madera y su volumen:

$$P_{\text{esp}} = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen}}$$

que no es otra **cosa** que el peso de la unidad de volumen.

Ahora bien, **como** en el sistema métrico el peso específico viene expresado por la misma cifra que la densidad con relación al agua, se confunden generalmente ambos conceptos y se expresa el peso específico por la letra D.

$$P_{\text{esp}} = D = \frac{P \text{ en grs.}}{V \text{ en cms}^3}$$

El cuadro V da la clasificación por densidades de las clases de maderas.

La densidad de una madera es una de los datos más importantes para su clasificación técnica, ya que existe una relación bastante constante entre densidad y resistencia mecánica: **las** maderas más pesadas son en general más resistentes; por otra parte, a igual resistencia se prefiere generalmente la madera más ligera.

Por último, entre las fenómenos de más complejidad que presenta la madera aparece el hecho de que la densidad no es **constante** dentro de una misma especie; pudiendo variar en

algunos cacos de uno a dos según el origen del árbol; dentro de un mismo árbol la densidad también varía según la zona en que se tome la probeta.

Esta heterogeneidad que presenta la densidad para los árboles de la zona templada se encuentra **mucho** menos acusada para las maderas tropicales que carecen de anillos de crecimiento y son, por consiguiente, de estructura más homogénea.

4. Dureza.—La dureza, característica a la vez física y mecánica, es también de gran importancia dentro de la técnica de la madera, ya que es evidente tiene una estrecha relación **con** el trabajo de ésta tanto a mano como mecánico; al mismo tiempo existe una relación, de **carácter** general, entre dureza y densidad.

La dureza se mide, según el método **Chalais-Meudon**, por la inversa de la **flecha** de penetración, en **milímetros**, de un cilindro de acero de 3 cms. de diámetro, bajo la acción de una carga de 100 kgs. por **cada** centímetro de anchura de la probeta; el cilindro que se aplica sobre la cara de la probeta que corresponde a la sección radial deberá tener **su** eje perpendicular a la fibra de la madera.

El cuadro VI nos da la clasificación de las maderas en función del grado de dureza.

Cuadro VI.—Dureza N

Clase	Densidad D	Dureza N	Ejemplos de comparación
<i>Moderas frondosas</i>			
Muy ligera	< 0,50	Muy blanda, 0,2 a 1,5	Ceiba, Chopo.
Ligera	0,50-0,64	Blanda, 1,5 a 3	Akom, Ilomba, Limbo, Bahía, Caoba de África, Tilo, Abedul, Roble, etc.
Semipesada	0,65-0,79	Semidura, 3 a 6	Movingui, Abebam, Iroko, Teca.
Pesada	0,80-0,95	Dura, 6 a 9	Roble, Haya, Tali, Niové Amarante. Kévazingo, Boj, etc.
Muy pesada	> 0,95	Muy dura, 9 a 20	Akoga, Mangle.
<i>Maderas resinosas</i>			
Ligera	0,40-0,49	Blanda, 1 a 2	Pino americano, Abeto. Picea.
Semipesada	0,50-0,59	Semidura, 2 a 4	Bach Tung, Kaori, Pino, Alerce.
Pesada	0,60-0,70	Dura, 4 a 9	Laurel rosa, Tejo, Thuya.