

# CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA según su empleo

POR:

D. Humberto ALVAREZ NOVES  
y D. Ignacio SEOANE

Ingenieros de Montes

del

Departamento de Maderas, del INIA

Uno de los aspectos más importantes que hay que tener en cuenta en la puesta en servicio de cualquier objeto, elemento o estructura de madera, es el de su estabilidad dimensional.

El exacto conocimiento de la humedad de la madera y la determinación, para las condiciones higrométricas a las que va a estar expuestas, de su humedad de equilibrio higroscópico, son dos factores fundamentales para lograr una estabilidad dimensional y evitar el movimiento o "juego" de la madera.

Trataremos seguidamente de dar unas normas prácticas, sencillas y precisas para la determinación de dichos factores que creemos pueden ser de utilidad.

## 1. METODOS PARA LA DETERMINACION DE LA HUMEDAD DE LA MADERA

La determinación de la humedad de la madera se puede efectuar de diferentes formas; la más corriente es utilizar el método de determinación de la humedad por pesadas. Este método que permite medir con precisión la humedad de la madera, presenta algunos inconvenientes como son el que lleve implícito la destrucción de una parte de la pieza de la madera de la cual se quiere saber la humedad, y una duración larga de la operación, ya que la humedad no puede obtenerse más que al cabo de algunas horas.

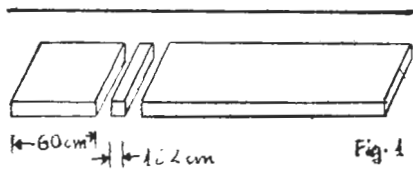
Para obtener un resultado de forma más rápida se pueden utilizar métodos basados en el empleo de aparatos eléctricos que, cuando son utilizados en unas condiciones determinadas, proporcionan los resultados en cuestión de segundos y sin deterioro de la madera.

Estos dos métodos generales, por pesadas y por medio de aparatos eléctricos, en verdad no se hacen la competencia, sino que por el contrario, se complementan.

Daremos a continuación algunas indicaciones prácticas sobre el empleo de cada uno de ellos.

### 1.1. Método por pesadas

Supongamos que se desea conocer la humedad de una tabla. De forma general, se cortará una probeta en el centro de la longitud de la tabla. Esta probeta tendrá por longitud la anchura de la tabla, su anchura será la longitud cortada (1 ó 2 cm.) y como espesor el de la tabla. (Fig. 1)



No es aconsejable, máxime si la tabla está húmeda, tomar esta probeta en los extremos pues se desvirtuaría la exactitud de la medición. Si por cualquier causa no se puede tomar en el centro de la longitud, conviene hacerlo como mínimo a 60 cm. de los extremos.

Después de cortada la probeta hay que realizar las operaciones siguientes:

—Pesar rápidamente la probeta en una balanza cuya precisión sea de décimas de gramo.

Sea Ph su peso (Por ejemplo, 43,5 gramos)

—Poner la probeta de una pequeña estufa (preferentemente eléctrica) cuya temperatura se mantenga entre los 100 y 105° C hasta que el peso de la probeta permanezca constante. (Bastan algunas horas).

—Pesar la probeta al salir de la estufa con la misma precisión que antes.

Sea Po su peso (Por ejemplo, 28 gramos).

La humedad, en tanto por ciento, referida a peso seco, será:

$$h = \frac{Ph - Po}{Po} \times 100$$

En el ejemplo:

$$h = \frac{43,5 - 28}{28} \times 100 = 55,3\%$$

Una variante de este método consiste en utilizar una estufa especial en la cual se ha dispuesto de una balanza. Gracias a un ábaco y a una puesta a cero se puede

leer directamente la humedad de la muestra. La operación tiene la misma duración que con una estufa ordinaria, pero suprime el cálculo de la humedad al obtenerla por medio de un ábaco.

## 1.2. Métodos basados en la utilización de aparatos eléctricos

Estos aparatos están basados en diferentes principios para obtener la medición de la humedad de la madera.

—Basados en la medida directa de la resistencia eléctrica de la madera, que varía considerablemente en función de su humedad cuando se encuentra por debajo del punto de saturación de las fibras (alrededor del 30%).

—Basados en la influencia de la humedad de la madera sobre la capacidad y las pérdidas de un condensador colocado en un circuito de alta frecuencia. En este caso, la madera sirve de dieléctrico.

Estos aparatos funcionan con pilas o por medio de un magneto que hace cuerpo con el aparato.

### 1.2.1. Aparatos de control de humedad basados en la media directa de la resistencia eléctrica de la madera

#### 1.2.1.1. Relación entre la humedad y la resistencia eléctrica de la madera

Los valores de la resistencia eléctrica de la madera en función de la humedad son muy variables.

Entre el estado de la madera verde y el punto de saturación de las fibras (p.s.f.) (adoptado) de forma general como el 30%, la resistencia eléctrica de la madera varía relativamente poco. Por el contrario, la variación es más rápida cuando se descende por debajo del p. s. f.: hacia el 5%, es decir, casi en el estado anhidro, la resistencia es igual a 1.000.000 de veces la resistencia eléctrica de la madera al 30%. Por debajo del 5% la resistencia aumenta de una manera considerable y no es prácticamente medible. Esto explica la razón por la cual la mayor parte de los aparatos

están graduados entre el 5% y el 30% de humedad. Por otra parte, estas cifras corresponden a los valores que en la práctica se tiene necesidad de medir.

#### 1.2.1.2. Electrodo

Para medir la resistencia eléctrica de la madera, ésta se interpone en el circuito eléctrico colocada entre dos electrodos. Un primer método, que es muy utilizado, consiste en hundir en la madera dos clavos montados sobre un buen aislante y separados una distancia fija. Se colocan, en general, de tal forma que la corriente circule en el sentido perpendicular a las fibras de la madera (fig. nº 2). La corriente que pasa de un electrodo a otro sigue el camino de menor resis-

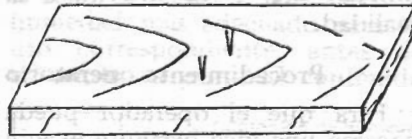


Fig. 2

tencia eléctrica y que corresponde al de mayor humedad. El estudio de la distribución de la humedad en una pieza de madera ha demostrado que para humedades inferiores al p. s. f. la humedad media está situada a 1/5 del espesor de la pieza, por lo tanto se preparará de tal forma que las extremidades de los electrodos estén situados en este plano. (Fig. nº 3).

A veces se emplean unos electrodos tampón que se colocan sobre la superficie cuya humedad se quiere medir, ejerciendo una cierta presión. Este género de electrodos utilizados con los aparatos de resistencia, indican una humedad superficial. Esta humedad superficial es, a veces, muy interesante conocerla, pero salvo en casos especiales, se deberá efectuar simultáneamente una medida de la humedad en el espesor.

El segundo método empleado consiste en hacer pasar la corriente eléctrica en todo el espesor de la madera. Se sirve para ello de electrodos formados por almohadillas de caucho de unos centímetros de diámetro, recubiertas de metal y entre las cuales se sujeta la muestra de madera a estudiar. De esta forma se obtiene un valor medio de la humedad.

### 1.2.2. Aparatos de control de la humedad, basados en las medidas de las características dieléctricas de la madera

Este género de aparatos comprende esencialmente un pequeño generador de corriente de alta frecuencia y de los electrodos que hay que colocar sobre la madera.

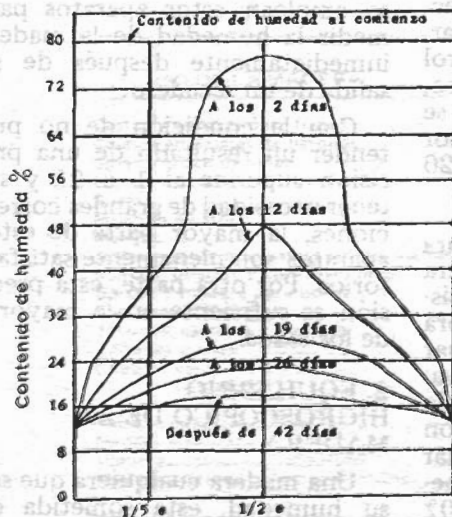


Fig. 3

ESPOSOR DE LA  
PIEZA DE MADERA

Distribución del contenido de humedad a diferentes tiempos durante el secado al aire de una pieza de madera de frondosas.

## 1.2.3. Precisión de las medidas efectuadas con los aparatos eléctricos

La precisión de las medidas depende de diversos factores, como son la especie de madera de que se trate, la distribución de la humedad y el espesor de la madera, la temperatura y humedad relativa del aire y el contacto entre los electrodos y la madera. Pasemos a analizar cada uno de ellos.

### Especie

Los fabricantes, algunas veces, proporcionan con sus aparatos, tablas de corrección; para las maderas de la zona templada, la influencia de la especie es prácticamente despreciable.

### Distribución de la humedad en la madera

La presencia de rocío o de lluvia sobre la madera da una humedad más elevada que la correspondiente a la realidad. Habrá, pues, que tomar precauciones para evitar esta fuente de error. Por otra parte, ciertas maderas presentan bolsas de humedad (por ejemplo el chopo), nos daremos cuenta de su presencia, efectuando varias medidas sobre la misma tabla.

### Espesor de la madera

En general, los aparatos dan indicaciones válidas para un espesor mínimo de madera, variable según los aparatos. Por encima de cierto espesor hay que aplicar ciertos factores de corrección que no se pueden despreciar. Sin embargo para un control de la humedad, en la práctica, se las puede despreciar cuando se opera sobre maderas de espesor corriente (por ejemplo, entre 20 y 60 mm).

### Temperatura

La temperatura de la madera tiene influencia sobre su resistencia eléctrica, factor que habrá que tener en cuenta al efectuar las mediciones. Para una elevación de 10°C por encima de la temperatura de comprobación (unos 20°C) hay que efectuar una disminución del 1% de humedad para una humedad del 10%

y del 2% para una humedad del 20%. Inversamente, la lectura debe aumentarse en las mismas proporciones para 10°C por debajo de la temperatura de comprobación.

Esta corrección que hay que efectuar en las mediciones debidas a la temperatura hay que tenerlas en cuenta cuando se hacen en épocas muy cálidas o muy frías.

Otro factor que es igualmente perjudicial en la exactitud de las medidas es una alta humedad relativa.

### Contacto

Es necesario que se asegure entre los electrodos y la madera un buen contacto, si no se tomara esta precaución, se podría obtener una cifra inferior a la realidad.

### Procedimiento operatorio

Para que el operador pueda hacerse una idea bastante exacta de la humedad de un lote de madera, es necesario que realice las medidas sobre un buen número de muestras. Igualmente necesario es hacer las determinaciones lejos de los extremos de las piezas de madera cuya humedad se quiere medir.

En el caso de que se trate de madera secada artificialmente, estos aparatos no se deben utilizar hasta después de que la madera se haya estabilizado un cierto tiempo. En efecto, se pueden cometer grandes errores si se emplean estos aparatos para medir la humedad de la madera inmediatamente después de su salida de un secadero.

Con la condición de no pretender un resultado de una precisión superior al 1 ó 2% y sin tener necesidad de grandes correcciones, la mayor parte de estos aparatos son plenamente satisfactorios. Por otra parte, esta precisión es suficiente en la mayoría de los casos.

## 2. EQUILIBRIO HIGROSCOPICO DE LA MADERA

Una madera cualquiera que sea su humedad, está sometida de

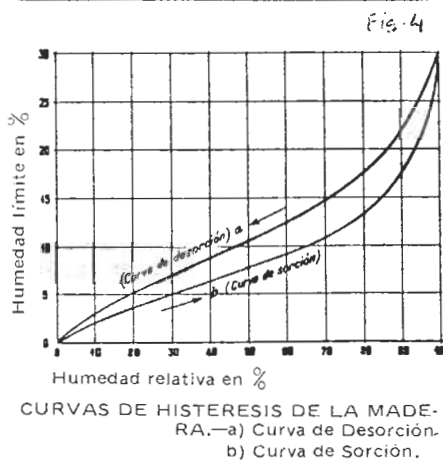
una manera constante a las condiciones atmosféricas (temperatura y humedad relativa del aire) en las cuales se encuentra.

Bajo la influencia de las variaciones de temperatura y humedad relativa del ambiente, la madera puede perder o tomar humedad y, en consecuencia, merma o se hincha.

La madera en el medio ambiente está pues sometida a tales fluctuaciones pero, cuando se encuentra en una atmósfera cuya temperatura y humedad relativa quedan fijas, la madera se estabiliza, en un tiempo más o menos largo, a una cierta humedad llamada de equilibrio higroscópico.

Supongamos que una madera está húmeda; perderá parte de su agua y se estabilizará a una humedad de equilibrio  $H_1$  dependiendo de las condiciones del ambiente. Supongamos también, que introducimos una madera seca en las mismas condiciones ambientales anteriores: tomará hasta estabilizarse a una humedad de equilibrio  $H_2$ , siempre inferior al  $H_1$  (de un 1% a un 2% en valor absoluto).

Dicho de otro modo, las dos maderas anteriores, colocadas en un mismo ambiente, una pierde humedad y la otra la toma, estabilizándose a dos humedades diferentes: este es el fenómeno de histéresis de la madera y que es la inercia que presenta la madera a alcanzar los mismos valores de humedad de equilibrio higroscópico de sorción (toma de humedad) que en desorción (eliminación de humedad).



— En la práctica se adoptan los valores de equilibrio de las maderas en sorción, valores que son claramente suficientes, pues en este campo, un margen en la precisión del 1% es más que suficiente.

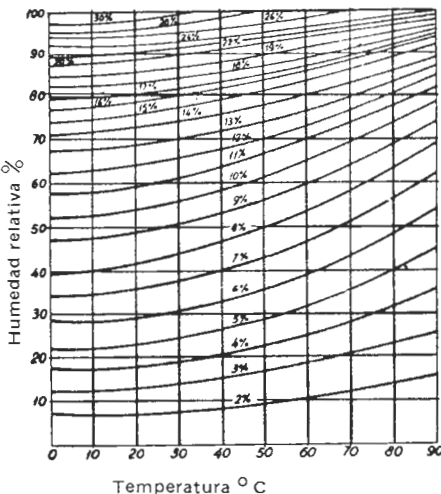
El gráfico de la fig. n.º 5 proporciona las humedades de equilibrio de las maderas en función de la temperatura y de la humedad relativa del aire. En abscisas están las temperaturas de 0° a 90°C; en ordenadas las humedades relativas del 0% al 100% y en el interior se encuentran las curvas que dan los valores de la humedad de equilibrio de las maderas (entre el 2% y el 30%).

### Ejemplo

Supongamos una madera introducida en una atmósfera fija donde la temperatura es de 30° C y la humedad relativa del 50%. Para saber la humedad de equilibrio higroscópico que tendrá la madera en esas condiciones, determinamos el punto de intersección de la abscisa y la ordenada trazada por 30° C y 50% respectivamente; por ese punto pasa la curva del 9%, que es el valor de la humedad de equilibrio higroscópico buscada.

Humedad de equilibrio de la madera en función de la temperatura y humedad relativa del aire

Fig. 5



Las curvas señalan el porcentaje de humedad que debe tener la madera para estar en equilibrio higroscópico con el aire, en función de la temperatura y del estado higrométrico de éste.

### 3. CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA SEGUN SU EMPLEO

El contenido de humedad recomendado para cualquier pieza de madera puesta en servicio, debe ser tal que intente reducir los cambios en el contenido de humedad a un mínimo y de esta forma impedir al máximo el movimiento dimensional de la madera debido a la hinchazón y merma. El porcentaje de humedad dependerá del clima y de las condiciones a las que va a estar sometida la madera; si va a ser destinada a uso interior o exterior.

La mayoría de las dificultades causadas por la humedad pueden eliminarse en la práctica secando la madera hasta el contenido de humedad más adecuado para su uso correspondiente, antes de colocarla en obra. El contenido

óptimo de humedad será un valor medio entre los valores extremos que haya de alcanzar la madera empleada.

Una práctica comercial utilizada consiste en secar la madera para algunos productos tales como suelos y muebles, hasta que su contenido de humedad sea ligeramente inferior al requerido para las condiciones de empleo, pues durante el almacenaje, manufacturado y puesta en obra, el porcentaje de humedad aumentará de forma moderada y se producirá una homogeneización y estabilización de la madera.

El Forest Products Laboratory de U. S. A. ha realizado muchos ensayos e investigaciones para determinar el contenido de humedad más correcto de la madera empleada en las distintas regiones de este país.

Uso de la madera	Contenido de humedad, en porcentaje sobre el peso seco					
	Partes áridas de la región de las montañas Rocosas		Sudeste y región costera de California Clima húmedo		Resto de los EE UU	
	Media	Piezas individuales	Media	Piezas individuales	Media	Piezas individuales
Interior, madera de carpintería y suelos	6	4 - 9	11	8 - 13	8	5 - 10
Exterior, adornos, exteriores, cubiertas y armaduras	9	7 - 12	12	9 - 14	12	9 - 14

Una tabla más detallada sobre la humedad recomendada para los diferentes usos de la madera fue elaborada por Henderson; valores que deben emplearse tan sólo como guía orientativa y de los que destacamos:

USO DE LA MADERA	PORCENTAJE DE HUMEDAD REFERIDO A PESO SECO	
	Media	límites admisibles
Cestas y envases para frutas . . . . .	20	8 - 45
Cajas y embalajes de listones . . . . .	12	6 - 18
Sillas y stock de sillas . . . . .	6	5 - 12
Duelas de toneles . . . . .	6	5 - 7
Suelos . . . . .	6	6 - 10
Muebles en stock . . . . .	6	4 - 10
Mangos . . . . .	7	2 - 10
Instrumentos musicales: radios, pianos . . . . .	5	3 - 6
Marcos, puertas y contraventanas . . . . .	6	4 - 8
Barcos y madera para botes . . . . .	12	12 - 15
Suelas de zapatos . . . . .	5	3 - 9
Tacones, carretes y bobinas . . . . .	6	4 - 6
Tanques y silos . . . . .	12	8 - 16
Chapas: cara . . . . .	4	2 - 7
contracara . . . . .	5	2 - 10
alma . . . . .	5	4 - 6
Tablero contrachapado . . . . .	6	2 - 9
Madera elaborada . . . . .	10	10 - 12
Viguetas, tablones, subsolado . . . . .	8	6 - 20
Madera aserrada y postes tratados . . . . .	25	eliminada el agua libre





media anual de las maderas en las diferentes provincias para exposición exterior.

El segundo nos proporciona, también por provincias, la humedad de equilibrio media tanto en el mes de mayor temperatura media y menor humedad relativa (julio), como en el de menor temperatura y mayor humedad relativa (enero), pudiéndose observar la variación que sufre la humedad de equilibrio higroscópico de la madera, en las diferentes regiones, entre estos dos meses límites.

La humedad de equilibrio higroscópico para maderas de exposición interior, la podemos obtener, (2) a partir de estos

valores, disminuyendo en 1 ó 2 puntos la humedad de equilibrio higroscópico de la madera con exposición exterior en las regiones costeras y disminuyendo de 3 a 4 puntos el porcentaje de humedad de equilibrio correspondiente a las maderas en exposición exterior en el resto de España.

Teniendo en cuenta las variaciones climáticas que se pueden producir en ciertos enclaves dentro de cada provincia y que pueden modificar ligeramente las medias dadas, creemos que estos datos podrán ser de utilidad tanto a los profesionales como a los usuarios.

(2) De una madera aproximada

