

# Secado de la madera

## Condiciones en sus fases y equilibrado

HUMBERTO ALAVREZ NOVES  
JUAN I. FERNÁNDEZ-GOLFIN SECO

CIFOR-INIA  
CRTRA DE LA CORUÑA KM 7,2  
28.040 MADRID

En la práctica habitual del secado de la madera, se comprueba que, normalmente, al final de la fase de secado de una carga de madera, cualquiera que sea el procedimiento utilizado, el porcentaje de humedad de las piezas que componen la carga del secadero varía considerablemente con relación a la humedad final deseada, es decir, frecuentemente, las cargas de madera seca presentan baja homogeneidad en cuanto a humedad. Este defecto de calidad de secado es debido, siempre en el supuesto que el secadero tenga una uniforme circulación de aire, bien a grandes diferencias de humedad iniciales entre piezas, o bien, caso más frecuente, a diferencias de permeabilidad y, por consiguiente, de velocidad de secado entre ellas. En general, esta falta de homogeneidad es tanto más pronunciado cuanto más rápido es el procedimiento de secado.

A no ser que se reduzca tal variación de humedad, pueden surgir serios problemas durante la posterior elaboración y uso de esta madera, los cuales se manifiestan en cambios dimensionales, deformaciones y defectos de acabado.

Por otra parte, también al final de la fase de secado, se puede observar fácilmente que ocurren dos hechos: primero, que la humedad en las zonas superficiales de las piezas es bastante inferior a la de las zonas internas, es decir, existe un gradiente de humedad a lo largo del espesor de la madera y, segundo, que las zonas superficiales están sometidas a tensiones de compresión y las zonas internas a tensiones de tracción, ambas en sentido perpendicular a la fibra y paralelas a las caras de la pieza.

Estas tensiones de secado y diferencias de humedad (gradiente) pueden dar lugar a deformaciones (abarquillado o atejado y curvado) si las piezas, inmediatamente después de salir de secadero, son desdobladas o trabajadas de forma no uniforme, o bien aserradas longitudinalmente en listones.

Para evitar todos estos inconvenientes, que pueden aparecer en la elaboración y uso de la madera, está totalmente admitido que es conveniente eliminar previamente las causas que las producen. Con este fin, todos los manuales de secado anglosajones recomiendan

efectuar un tratamiento de igualación y otro de Acondicionado después de la fase de secado. Por el contrario, los manuales franceses más conocidos, recomiendan efectuar solamente un tratamiento que recibe el nombre de Equilibrado.

A continuación se hace una exposición detallada de estos tratamientos junto con las ventajas e inconvenientes que presentan cada uno de ellos. Como resultado de todo ello, el CIFOR-INIA propone un método que, a la vista de las pruebas realizadas, se puede considerar muy satisfactorio.

## Igualación

Este tratamiento tiene como fin igualar la humedad final de todas las piezas que componen la carga del secadero.

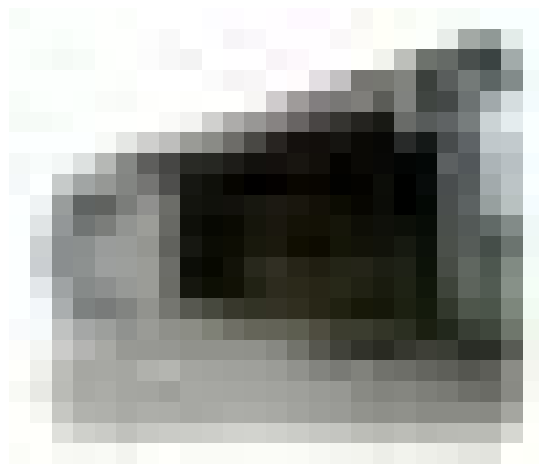
El procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Se comienza la igualación cuando la muestra más seca de la carga del secadero ha alcanzado una humedad del 2% por debajo de la humedad final deseada. Si por ejemplo, la humedad final deseada es del 10%, la igualación deberá comenzarse cuando la muestra más seca alcance el 8%.

2. Tan pronto como la muestra más seca ha alcanzado el valor anteriormente citado, se mantiene la misma temperatura que la de la última etapa de secado utilizada y se establece un porcentaje de humedad de equilibrio igual a la humedad de la muestra más seca. En el ejemplo el 8%.

3. Se continúa este tratamiento hasta que la muestra más húmeda alcance el porcentaje de humedad deseada. En el ejemplo dado, el testigo más húmedo deberá secarse hasta el 10%.

Con este tratamiento se consigue « teoría » que la máxima



## Acondicionado

humedad de cualquier pieza sea la humedad final deseada. En el ejemplo todas las humedades se situarían entre el 8 y el 10%.

Para llevar a efecto este tratamiento es necesario que se cumplan los siguientes requisitos:

1. Las sondas de humedad deben situarse a 1/3 del grueso de las piezas.
2. La conducción del programa de secado debe realizarse mediante la humedad media de la carga.

Estos requisitos, en bastantes casos, pueden dar lugar:

“ A la aparición de grietas superficiales en las primeras etapas del secado por realizarse la conducción del programa por la humedad media y, por tanto, en condiciones demasiado fuertes para algunas especies de secado muy delicado.

“ Etapa final de secado, que coincide con el tratamiento de igualación, excesivamente larga en cuanto a su duración.

“ No detección de algunas bolsas de humedad, al situarse las sondas a 1/3 del grueso.

“ Exigencia de desviación de la humedad final demasiado rigurosa.

Tiene como fin eliminar o disminuir las tensiones de secado y el gradiente de humedad que existen en el interior de las piezas al finalizar el tratamiento de igualación.

Este tratamiento no debe empezarse hasta que la muestra más húmeda no haya alcanzado la humedad final deseada. En el ejemplo el 10%. El procedimiento para acondicionar una carga de madera es el siguiente:

1. La temperatura de acondicionado es la misma que la de la última etapa de secado o que la del tratamiento de igualación.
2. Se establece un porcentaje de humedad de equilibrio un 3% para la conífera y un 4% para las frondosas mayor que la humedad final deseada. En el ejemplo el 13% para coníferas y el 14% para frondosas.
3. Se continúa el acondicionado hasta conseguir una liberación adecuada de tensiones. El tiempo requerido varía considerablemente dependiendo de la especie y grueso. Para frondosas, se requieren generalmente de 8 a 16 horas para el grueso de 25 mm, y hasta 48 horas para el de 50 mm, las coníferas de 25 mm pueden ser acondicionadas sólo 4 horas.

A veces es difícil conseguir dentro del secadero altas humedades relativas con altas

temperaturas y en este caso es más apropiado disminuir la temperatura entre 5° y 10°C pero manteniendo las humedades de equilibrio antes indicadas.

### Comentario

Indudablemente, sí se llevan a efecto estos dos tratamientos, la madera seca obtenida debe presentar muy buena homogeneidad en cuanto a humedad, así como ausencia de gradientes de humedad y tensiones de secado en el interior de las piezas.

Las dos únicas objeciones que se pueden hacer son las siguientes: que en el secado de especies muy delicadas puedan aparecer, en las primeras etapas del secado, algunas grietas superficiales, y que, el tiempo total empleado todo el proceso sea excesivamente largo.

Teniendo en cuenta, por una parte, que la Homogeneidad y la Repartición (gradiente) de la humedad son las dos causas más importantes en cuanto a posteriores posibles apariciones de deformaciones y, por otra parte, que con el tratamiento de Igualación se consigue una buena Homogeneidad y una aceptable Repartición de la humedad, es por lo que es frecuente realizar únicamente este tratamiento y, muy raramente, efectuar también el Acondicionado, consiguiendo de este modo acortar la duración del proceso de secado.

## Equilibrado

Es el único tratamiento que recomiendan los manuales franceses, aunque hay algunas diferencias respecto de las temperaturas utilizadas por ellos.

El C.T.B.A. recomienda lo siguiente: «La fase de secado continúa hasta que la humedad media de la carga alcanza la humedad final deseada. A continuación, se mantiene la temperatura de final de secado y se elige una higrometría del aire que corresponda a un equilibrio higroscópico de la madera igual a la humedad final deseada».

Estas condiciones deben mantenerse entre 2-3 horas por centímetro de espesor de las piezas.

Ejemplo: Si una madera es secada hasta el 10% de humedad y al final del secado la temperatura es de 70°C y el equilibrio higroscópico de la madera del 4,5% (humedad relativa del aire = 30%), el equilibrio deberá ser efectuado a 70°C con un equilibrio higroscópico de la madera del 10% (humedad relativa del aire = 71%).

Este método de actuar requiere las siguientes condiciones de la fase de secado:

- “ Sondas de humedad situadas a 1/3 del grueso
- “ Conducción del programa de secado por la humedad media de la carga

Dando como resultado final concluida la fase de Equilibrado



## EJEMPLO COMPARATIVO FASES FINALES

	MÉTOD0 AMERICANO	MÉTOD0 FRANCÉS	MÉTOD0 CIFOR-INIA
Ubicación de sondas Forma de conducción del secado	1/3 del espesor Media de las sondas, (Hmedia)	1/3 del espesor Media de las sondas (Hmedia)	1/2 del espesor Media de las más húmedas (Hmax)
Comienzo Temperatura Humedad relativa Fin de la fase	<b>IGUALACION</b> Hmin = Hfd - 2% Igual que etapa final secado HEH = Hmin Hmax = Hfd	<b>EQUILIBRADO</b> Hmedia = Hfd Igual que etapa final secado HEH = Hfd Tiempo = 2-3h/cm	<b>EQUILIBRADO</b> Hmax = Hfd + 5 Igual que etapa final secado - 10°C HEH = Hfd - 2% Hmax = Hfd + 2%
Comienzo Temperatura Humedad relativa Fin de la fase	<b>ACONDICIONADO</b> Fin de Igualación Igual que Igualación Coníferas: HEH = Hfd + 3% Fronosas: HEH = Hfd + 4% Tiempo Fronosas 8-16h (25mm) 48h (50 mm) Coníferas 4h (25 mm)		
Comienzo Temperatura Humedad relativa Fin de la fase	<b>IGUALACION</b> Hmin = 8% 70°C 58% Hmax = 10%	<b>EQUILIBRADO</b> Hmedia = 10% 70°C 71% Tiempo (espesor x 3)	<b>EQUILIBRADO</b> Hmax = 15% 60°C 53% Hmax = 12%
Comienzo Temperatura Humedad relativa Fin de la fase	<b>ACONDICIONADO</b> Fin igualación 70°C 82% Tiempo	Caso práctico de secado de una madera en la que la última etapa de secado finaliza a 70°C (programas 2, 5, 6, 7 y 8) y se desea que la humedad final (Hfd) sea del 10%	

## Propuesta CIFOR- INIA

do:

- Posible aparición de grietas superficiales e internas en algunas piezas por realizarse la conducción por la humedad media y, por tanto, en condiciones demasiado fuertes.

- No es posible detectar algunas bolsas de humedad.

- Deficiente Homogeneidad de la humedad de toda la carga a causa de la rapidez del secado y de la corta duración de la fase de Equilibrado.

- Mediana Repartición (fuerte gradiente) de la humedad por los mismos motivos.

- Escasa disminución de tensiones de secado.

Con la única ventaja de que la duración del proceso total de secado es mucho más corta que utilizando el tratamiento de Igualación anglosajón.

En resumen, esta fase de Equilibrado elimina solo parcialmente los problemas que pueden surgir durante la elaboración y uso de la madera,

El procedimiento propuesto por JOLY, P.; MORE-CHEVALIER, F., es igual que el del C.T.B.A., salvo el de utilizar una temperatura de equilibrado unos 5°C inferior a la última de la fase de secado, lo cual únicamente mejora muy ligeramente la Repartición de la humedad, siendo por lo demás prácticamente igual en cuanto a calidad de secado a lo dicho para el método del C.T.B.A.

A la vista de las ventajas e inconvenientes que presentan los procedimientos, tanto anglosajones como franceses, anteriormente reseñados, el CIFOR-INIA propone el siguiente método:

Condiciones en las que debe realizarse la fase de secado:

- Utilizar el mayor número posible de sondas de humedad (tipo resistencia eléctrica) de la madera. Tanto mayor cuanto más grandes sean las diferencias de humedades iniciales entre piezas (albura, duramen) mayores diferencias de permeabilidad (madera normal, madera húmeda, corazón negro) y cuanto más rápido sea el procedimiento de secado. Número recomendado de sondas 8-10 por carga.

- Situar las sondas exactamente el corazón de las piezas ( $\frac{1}{2}$  del grueso). Con ello se consigue detectar y eliminar las bolsas de humedad.

- Conducir el programa de secado por la media de las sondas más húmedas. En el caso de utilizar 8 sondas, la conducción se efectuará con la media de las 4 más húmedas. Con ello se consigue evitar la formación de grietas superficiales en las piezas más lentas de secado. En teoría el 75% de las piezas no sufrirían el más mínimo daño, esto el supuesto

que las sondas estuviesen situadas a  $\frac{1}{3}$  del grueso, pero estando situadas a  $\frac{1}{2}$  del grueso prácticamente el 100% de las piezas no deben experimentar ningún defecto.

- Continuar la fase de secado hasta que la media de las sondas más húmedas alcance un valor 5 puntos por encima de la humedad final deseada. En el ejemplo, se debe alcanzar el 15% como valor de la media el supuesto de que la humedad final deseada sea el 10%.

Prácticamente el 100% de las piezas deberán tener una humedad inferior al 15%, por las mismas razones antes expuestas.

Una vez finalizada la fase de secado, se pasa a la fase de equilibrado.

Condiciones para la fase de equilibrado propiamente dicha

- Bajar la temperatura más alta utilizada en la fase final de secado en 10°C. Con ello se favorece, por un lado, el rápido aumento de la humedad relativa y, por otro, la suma de los efectos de los gradientes de temperatura y humedad el interior de las piezas.

- Aumentar la humedad relati-

va, de tal forma que la humedad de equilibrio se sitúe 2 puntos por debajo de la humedad final deseada. En el ejemplo, la humedad de equilibrio debe ser el 8%.

- Continuar el proceso hasta que la media de las sondas más húmedas se sitúe 2 puntos por encima de la humedad final deseada. En el ejemplo hasta el 12%.

Con la fase de equilibrado se consigue:

- Las humedades superficiales de todas las piezas estarán 2 puntos por debajo de la humedad final deseada. En el ejemplo al 8%.

- La humedad el corazón de las piezas más húmedas estará alrededor de 2 puntos por encima de la humedad final deseada (recuérdese que las sondas han sido introducidas hasta el centro de las piezas). En el ejemplo el 12%.

- La humedad media final de toda la carga será prácticamente la humedad final deseada. En el ejemplo el 10%.

- El gradiente de humedad (H1/2 - H1/6) en el interior de cualquiera de las piezas será, como mínimo el 75% de los casos, inferior a 4.

- Práctica desaparición de las tensiones de secado.