

# SECADO



# secado

62

## Introducción

Posiblemente, la humedad constituye el factor que más influencia ejerce sobre el uso adecuado de la madera y de sus productos derivados. La instalación de un elemento de madera con una humedad acorde a la de sus condiciones de servicio garantiza, en buena parte, sus prestaciones durante un prolongado espacio de tiempo. El contenido de humedad de la madera (H%) se define como el cociente entre la masa de agua presente y la masa anhidra de la madera, expresado en tanto por ciento.

Su determinación se realiza pesando la probeta cuya humedad queremos conocer para obtener su peso inicial ( $P_1$ ), introduciéndola a continuación en estufa a  $103^\circ\text{C}$  hasta que alcanza un peso constante ( $P_2$ ) que coincide con el peso anhidro. Una vez obtenidos los dos pesos, se calcula la humedad mediante la siguiente fórmula:

$$H(\%) = \frac{P_1 - P_2}{P_2} \times 100$$

Una de las principales características de la madera como material es su carácter higroscópico, es decir la variación de su contenido de humedad, en función de las condiciones de temperatura y humedad relativa ambientales, hasta alcanzar una situación de equilibrio con su entorno.

De este modo, cada condición climática determina un nivel de humedad en la madera denominado humedad de equilibrio higroscópico (HEH).

El ábaco desarrollado por Kollmann en 1959 (figura 1) determina, de forma aproximada, el valor de la HEH que adquirirá una madera expuesta a unas condiciones de temperatura y humedad relativa.

Por ejemplo, la mayor parte de las especies de madera expuestas en unas condiciones de  $25^\circ\text{C}$  de temperatura y 65% de humedad relativa, adquirirán con el tiempo una humedad de equilibrio higroscópico del 12%.

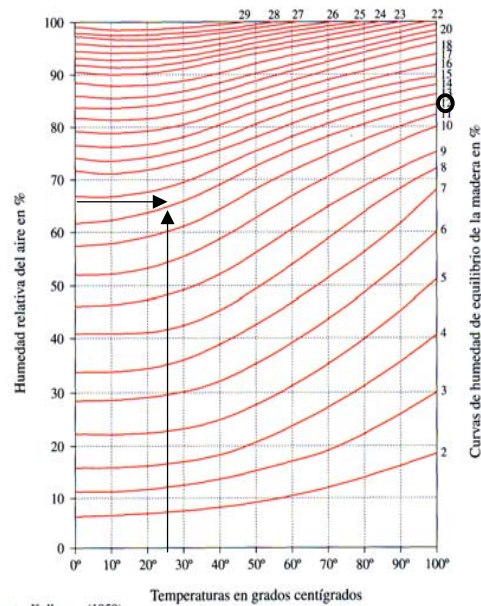
A su vez, las variaciones del contenido en humedad, por debajo del punto de saturación de la fibra (PSF) traen consigo cambios dimensionales debidos a procesos de hinchazón o merma.



Para la mayor parte de las especies de madera, el punto de saturación de la fibra se sitúa en torno a un contenido de humedad del 30% y se corresponde con la transición entre las distintas formas en que el agua está presente en la madera. Por encima del PSF, el agua rellena el interior de las cavidades celulares y su eliminación se realiza de forma rápida y sin alterar las dimensiones de la madera; es la denominada agua libre. Por debajo del valor del PSF, el agua se encuentra fuertemente unida a las paredes celulares (agua ligada) y su eliminación se realiza de forma más lenta, con

mayores consumos energéticos y con alteraciones dimensionales de la madera.

La madera es también un material anisótropo; es decir un material cuyas propiedades varían en función de la dirección considerada. En el caso de las variaciones dimensionales producidas por la hinchazón y merma, éstas se consideran despreciables en el sentido longitudinal de la madera mientras que, para la mayor parte de las especies, las variaciones en dirección tangencial son aproximadamente del doble de magni-



Fuente: Kollmann (1959).

**FIGURA 1. CURVAS DE HUMEDAD DE EQUILIBRIO HIGROSCÓPICO DE LA MADERA**

tud que en dirección radial.

Los movimientos de cada especie de madera se expresan mediante sus coeficientes de contracción tangencial y radial. Estos coeficientes indican la variación dimensional en porcentaje y pueden ser totales (desde el PSF hasta la madera totalmente seca) o bien unitarios (referido a cada unidad porcentual de humedad).

En función del grado de anisotropía de una especie de madera, los cambios dimensionales asociados a las variaciones de humedad pueden traer consigo deformaciones en las piezas que es posible reducir seleccionando un despiece adecuado (figura 2).

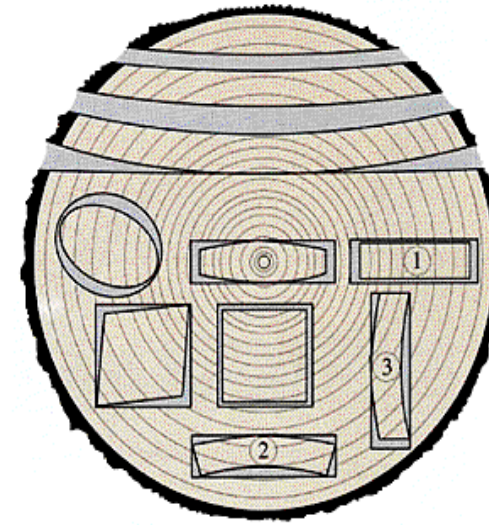
Por los motivos anteriores, exceptuando usos marginales en los que la estabilidad dimensional no es un factor

determinante, es preciso adecuar la humedad de la madera a la de sus condiciones de utilización. La diversidad existente en los usos de la madera, conlleva una gran variabilidad en las condiciones a las que puede verse sometido el material. Así, pueden darse desde aplicaciones de interior con un ambiente seco (viviendas con calefacción), a usos de exterior bajo condiciones de humedad relativa altas.

Durante el proceso de secado en cámara es posible establecer distintas etapas combinando valores de temperatura, humedad relativa y ventilación para ir provocando descensos graduales del contenido de humedad de la madera hasta alcanzar la humedad final deseada.

Lógicamente, la duración de cada etapa y los valores concretos de las condiciones empleadas, varían en función de la especie de madera, el espesor, la mayor o menor tendencia a sufrir deformaciones, etc.

Por ello, la realización de un secado controlado, es condición necesaria para minimizar la presencia de defectos (fendas, grietas internas, etc.) debidos a las tensiones producidas durante el proceso de pérdida de humedad.



**FIGURA 2. CONTRACCIONES HABITUALES EN LAS DISTINTAS ZONAS DE UN TRONCO. TABLA DE ORIENTACIÓN RADIAL (1), TANGENCIAL (2) Y MIXTA (3)**

## Secado de la madera de Eucalipto blanco

Durante mucho tiempo, el secado industrial de la madera de eucalipto blanco ha constituido un reto tecnológico debido a las particularidades de la madera y a su tendencia a sufrir deformaciones.

El proceso de secado empleado tradicionalmente en la Eurorregión, combina la realización de un oreo o secado al aire, con un secado en cámara. Este proceso tiene una duración de 5-7 meses para el oreo, y 25-30 días para el secado posterior en cámara.

Dadas las características propias del secado al aire, no existe un control sobre las condiciones ambientales, al existir una variabilidad que propicia la

aparición de defectos (colapso y fendas superficiales e internas), y una falta de homogeneidad en la humedad final de la madera. Como referencia, cabe indicar que, en estas condiciones, la madera de eucalipto presenta unas pérdidas, por mermas y defectos, cifradas en torno al 25% del volumen inicial de madera.

Asimismo, al margen de cuestiones técnicas, el secado al aire conlleva costes derivados del incremento en el periodo de almacenaje, y una menor flexibilidad en la organización de las operaciones comerciales.

A continuación se reseñan algunas particularidades de la madera de eucalipto blanco, con influencia sobre el proceso de secado:

### Punto de saturación de la fibra y coeficientes de contracción

Como se comentó en el capítulo de propiedades de la madera, los valores de una determinada propiedad varían en función de numerosos factores. En este caso, se ofrecen valores medios para el punto de saturación de la fibra y los coeficientes de contracción obtenidos al estudiar diversas parcelas de eucalipto blanco procedente de Galicia y con edades comprendidas entre 30 y 35 años.

En la mayor parte de las especies de madera, el punto de saturación de la fibra se encuentra en torno a un contenido de humedad del 30% mientras que en el eucalipto blanco es mucho más elevado situándose a menudo entre un 35 y 40%.

Los coeficientes totales de contracción son también elevados, estimándose en un 8-9% para la dirección radial y en un 14-15% para la dirección tangencial.

Como coeficientes de contracción unitarios, tenemos valores medios de un 0,2% para la dirección radial y de un

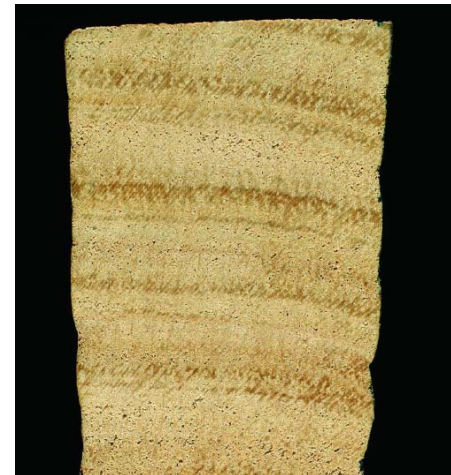
0,4%, aproximadamente, para la dirección tangencial.

El elevado valor del PSF está relacionado con la lentitud requerida, en condiciones normales, para secar madera de eucalipto blanco, ya que con contenidos de humedad del 40% el proceso de secado se ralentiza de forma importante, al estar el agua fuertemente vinculada a las paredes celulares.

Por otro lado, los valores de los coeficientes de contracción unitarios son elevados por lo que debe procurarse instalar la madera seca en las condiciones más similares posibles a las de su humedad de uso y seleccionar despieces radiales que limiten las posibles deformaciones.

### Densidad

Uno de los factores con mayor influencia sobre el proceso de secado es la densidad de la madera. Este hecho es debido a que al aumentar la densidad, los tiempos de secado se incrementan como consecuencia de la mayor resistencia al movimiento del agua hacia



el exterior. Este fenómeno se produce porque las maderas densas tienen una estructura anatómica particular, con paredes celulares más gruesas y cavidades (lúmenes) más reducidas que las maderas más ligeras, por lo que ofrecen una mayor resistencia al paso del agua. Además, a igual contenido de humedad, una madera densa tiene una mayor capacidad de fijación de agua en su estructura.

Por ello, la edad de corta de la madera, influye significativamente en el

comportamiento durante el secado. De este modo, la madera procedente de eucaliptos jóvenes (edad próxima a 15 años) con una densidad reducida, presenta contenidos de humedad iniciales comparativamente más elevados aunque un ritmo de secado más rápido (mayor proporción de agua libre fácilmente eliminable) que el de madera de eucaliptos de mayor edad.

La madera de eucaliptos con edades próximas a los 30 años, presenta una densidad media elevada con valores normalmente comprendidos entre 750 y 850 kg/m<sup>3</sup>, para una humedad del 12%. Sin embargo, esta densidad no se distribuye uniformemente en el tronco del eucalipto, existiendo diferencias próximas al 100% entre la zona de la médula del tronco (valores cercanos a 500 kg/m<sup>3</sup>) y la zona cercana a la corteza (valores superiores a 900 kg/m<sup>3</sup>).

Dado que las variaciones de densidad implican distintos comportamientos, será necesario considerar estas particularidades de la madera de eucalipto a la hora de conducir su proceso de secado.



### Colapso

Como ocurre con otras frondosas de reducida permeabilidad como el roble o el haya, la madera de eucalipto tiene una elevada propensión a presentar colapso.

El colapso se produce durante la salida del agua libre de las células, en maderas con baja permeabilidad, al generarse una tensión capilar muy

elevada que puede llegar a superar la resistencia mecánica de la madera produciendo un aplastamiento irregular de la estructura celular.

Este defecto, por lo tanto, sólo tiene lugar durante las primeras etapas del secado cuando la madera está todavía muy húmeda (por encima del PSF) y su aparición está vinculada a la existencia de temperaturas elevadas.

El colapso se manifiesta externa-

mente mediante ondulaciones (características de los despieces radiales) y otras deformaciones de la superficie de la madera. En ocasiones también puede provocar la aparición de fendas en el interior de la madera, aunque esto es menos habitual.

La forma más razonable de evitar la aparición de colapso, consiste en emplear temperaturas reducidas durante las primeras etapas del secado, mientras no se alcance el valor del punto de saturación de la fibra.

Cuando el colapso no produce fendas internas, sus defectos pueden disminuirse considerablemente sometiendo la madera a un tratamiento de vaporización (manteniendo la madera en cámara a 100°C de temperatura y 100% de humedad relativa), recomendándose una duración de 2-3 horas por cada cm de espesor de la madera.

Otra opción consiste en eliminar las irregularidades superficiales de la madera colapsada mediante cepillado, lo que afectará sensiblemente al rendimiento final del proceso.

## Principales referencias de secado en cámara de eucalipto

Se exponen algunas de las principales referencias empleadas para secar madera de eucalipto blanco.

El programa de secado recomendado en Francia por el Centre Technique du Bois et de l'Ameublement (CTBA) para secar madera de eucalipto blanco, se inicia con unas condiciones suaves y constantes hasta que el contenido de humedad de la madera alcanza el 35%.

A partir de este valor, las condiciones de humedad y temperatura se endurecen progresivamente hasta alcanzar una temperatura máxima de 65°C.

CTBA		
Humedad madera	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)
Verde	30	82
35	30	80
30	40	80
25	50	70
20	60	57
15	65	42

La facultad de Tecnología de la madera de la Universidad del Bio-Bio (Chile), recomienda el siguiente programa de secado:

UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO		
Humedad madera	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)
60	35	82
50	40	82
40	45	77
30	50	75
20	55	57
10	60	43

Como se puede comprobar, tomando como referencia el modelo del CTBA, en este caso se endurecen considerablemente las condiciones iniciales, suavizando por el contrario las condiciones de temperatura de las últimas fases.

En Portugal, el Instituto Nacional de Engenharia e Técnica Industrial (INETI) recomienda condiciones en las que se llegan a alcanzar temperaturas superiores a los 70°C. Las referencias sobre este modelo de secado cifran en 25 días el tiempo necesario para alcanzar un contenido de humedad del 10 % en madera de 30 mm de espesor.

INETI		
Humedad madera	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)
50	35	70
40	36	71
30	38	65
25	47	45
20	55	35
12	72	27

La última referencia proviene de la División de Investigación y Productos Forestales del Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) y ha sido empleada para secar madera de eucalipto blanco de despiece radial y con un espesor de referencia de 25 mm.

CSIRO		
Humedad madera	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)
Verde	45	83
60	45	78
40	50	75
35	50	75
30	55	64
25	60	58
20	70	47
15-Final	70	35

Los autores de este programa de secado indican que en Australia es frecuente el oreo preliminar de la madera de eucalipto hasta un contenido del 20-25% de humedad. A continuación se realiza un secado en cámara en las condiciones descritas.

Como tiempos de referencia para llevar la madera hasta el 12% de humedad se da una duración de entre 21-28 días si la madera está verde.

La cédula recomienda un tratamiento de vaporizado al final del proceso o, al menos, un reacondicionado en unas condiciones de 70°C y 80% de humedad relativa.

## Secado al vacío

La tecnología de secado en condiciones de vacío, puede constituir una alternativa interesante en el caso de especies de baja permeabilidad y difícil secado (especialmente al utilizar espesores por encima de 40-50 mm.) como el eucalipto blanco.

En esencia, esta opción de secado se fundamenta en dos importantes ventajas: por un lado las condiciones de vacío consiguen incrementar la velocidad de circulación del agua en el interior de la madera, disminuyendo considerablemente los tiempos de secado requeridos en condiciones normales; por otro lado, la atmósfera de vacío disminuye la temperatura de ebullición del agua, lo que permite conseguir la rapidez de un secado a alta temperatura sin la necesidad de emplear las temperaturas requeridas en un secadero tradicional.

Sin embargo, es importante considerar que en la primera fase del secado la transferencia de calor y la evaporación del agua está controlada por mecanismos de tipo convectivo, por lo que es

necesario aplicar condiciones de vacío moderadas para obtener unos resultados aceptables.

En la práctica y con la experiencia disponible, lo anterior se traduce en que el secado al vacío de madera de eucalipto con un alto contenido de humedad requiere ralentizar las condiciones iniciales para no provocar la aparición de defectos en la madera, lo

que repercute en la gran ventaja de este método que es su rapidez.

Por ello, puede ser recomendable utilizar un proceso de secado mixto, mediante un presecado convencional previo de la madera desde el estado verde y hasta su punto de saturación de la fibra, seguido de una segunda etapa de secado al vacío hasta el contenido

de humedad requerido.

Las experiencias realizadas en el CIS-Madera, con madera radial de 32 mm de espesor y un contenido de humedad inicial próximo al 35%, dieron como resultado un tiempo efectivo de secado de 12 días para alcanzar una humedad del 12%. Por otro lado, partiendo de madera con una humedad inicial del 20% y un objetivo de humedad final del 10%, se ha logrado alcanzar una buena calidad de secado con una duración efectiva de 6 días.

UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO			
Etapas	Temperatura (°C)	Presión (bar)	Tiempo (h)
Vaporizado inicial			
Verde-28%	60	0.6	104
Vaporizado			
28-23%	60	0.5	36
Vaporizado			
23-18 %	60	0.4	40
18-14 %	60	0.3	70
14-12 %	60	0.2	46
12-9 %	60	0.15	24
Vaporizado			

## Recomendaciones generales para secar madera de Eucalipto blanco

Los siguientes puntos recogen unas recomendaciones generales a considerar de cara al secado industrial de una partida de madera de eucalipto blanco.

### Clasificación de la madera

Es muy importante que la partida a secar esté formada por madera homogénea en cuanto a su densidad. Para ello debe evitarse mezclar en una misma partida la madera procedente de la parte central del tronco (con una reducida densidad) con el resto del despiece.

Por otro lado, los defectos presentes en la madera (nudos, desviación de la fibra, etc.), producen durante el secado deformaciones en la zona de influencia afectada. Para evitar este hecho, es conveniente realizar una preselección de la madera, desechando aquella fracción que por sus características no sea apta para el proceso de secado.

En general, la mayor parte de las trozas de eucalipto aptas para aserrado presentan una buena conformación aunque es importante destacar la presencia ocasional de desviación de la fibra. Este defecto tiene una gran influencia al provocar importantes deformaciones no recuperables en las tablas.

Si se desea secar una tabla con



una fuerte desviación local de la fibra (producida, por ejemplo, por la presencia de un nudo) es preferible sanear la zona de la tabla afectada, antes de iniciar el proceso de secado, a tener que rechazar posteriormente un área mayor.

### Pauta de aserrado radial

La obtención de piezas radiales en el despiece de la madera en rollo, minimizará la incidencia de las posibles deformaciones de la madera una vez puesta en servicio.

Este hecho viene dado por el carácter anisótropo de la madera con una marcada diferencia entre los

coeficientes de contracción en dirección radial y tangencial.

El eucalipto presenta un comportamiento similar al de la mayoría de las maderas, con unas variaciones dimensionales en sentido tangencial que, prácticamente, duplican a las obtenidas en sentido radial. Por ello, los despieces más estables serán aquellos con orientación radial y en los que la anchura de la tabla sea aproximadamente el doble de su espesor.

Por ejemplo, si secamos una tabla radial de 30 mm de espesor, su estabilidad será máxima con una anchura en torno a los 60-70 mm.

### Presecado

Una de las alternativas más indicadas para reducir el tiempo de secado de madera procedente de eucaliptos de elevada densidad, consiste en sustituir el oreo natural por un presecado en cámara, hasta alcanzar un contenido de humedad del 25-30%.

Al margen de los aspectos positivos que presenta el presecado industrial frente al secado al aire, desde el punto de vista de la rapidez del secado y de la calidad de la madera obtenida; existen ventajas añadidas, al posibilitar la utilización de distintas escuadrías y especies de madera.

### Acondicionado o vaporizado

Esta técnica consiste en aplicar un tratamiento bajo condiciones de elevada humedad relativa y temperatura, durante periodos cortos de tiempo. De este modo, junto a una distribución homogénea del contenido en humedad final, puede lograrse una recuperación importante del colapso en caso de existir.

Normalmente se establecen unas condiciones de saturación de humedad



relativa del aire, durante un periodo de 2 a 4 horas por centímetro de espesor de la madera a secar, junto con unas condiciones de temperatura que se endurecen a medida que progresa el programa de secado.

En el caso de secar madera de eucalipto blanco con un despiece radial, estos tratamientos tienen una gran importancia ya que las mayores variaciones de densidad se producen en sentido radial y, en ese caso, los acondicionados ejercen un importante papel equilibrador de las diferencias de densidad.

Es importante señalar que, tras las experiencias realizadas en diversas partes del mundo comienza a considerarse de manera unánime que los tratamientos de acondicionamiento deben formar parte absolutamente integrada en cualquier secado de calidad de madera de eucalipto.

### Cédula de secado

A continuación, se resumen los mejores resultados de experiencias de secado realizadas sobre madera de eucalipto blanco, con una edad superior a los 30



años y aserrados con un despiece radial.

Las escuadrías de referencia de la madera son 2.500 x 100 x 32 mm (elementos de carpintería y mobiliario) que fue apilada mediante rastreles de pino seco de 25 x 25 mm de sección, colocados con una separación de 400 mm.

La realización de un presecado en cámara, estableciendo unas condiciones suaves y constantes de  $27 \pm 2^\circ\text{C}$  y  $80 \pm 5\%$  HR, con una velocidad de aire entre las pilas de 1 m/s, permite disminuir el contenido medio de humedad de la madera desde un 65% hasta un 30%, en un periodo aproximado de 15 a 20 días, sin presencia significativa de defectos de colapso, ni fendas internas o superficiales.

El periodo de tiempo mencionado, varía en función del espesor y contenido de humedad inicial de la madera, incrementándose hasta los 25-30 días si la escuadría de la madera pasa a 35 mm de espesor, y el contenido de humedad inicial de la madera es del 75%. En el caso de piezas destinadas a la fabricación de mangos de herramientas, con un contenido de humedad inicial del 80% y 50 mm de sección, este periodo se alarga hasta los 45-50 días.

Posteriormente, cuando la madera alcanza un contenido de humedad medio próximo al 30%, existe en la madera un gradiente de humedad que es necesario igualar, para iniciar las

siguientes fases de secado en condiciones óptimas. Para ello, es preciso realizar un primer acondicionamiento consistente en exponer a la madera a una humedad relativa cercana al 100%, con una temperatura de unos  $45^\circ\text{C}$ , durante un periodo equivalente a 2-4 horas por centímetro de espesor.

A continuación se recomienda proseguir el proceso siguiendo el siguiente programa:

CIS-MADERA		
Humedad Madera (%)	Temperatura ( $^\circ\text{C}$ )	Humedad relativa (%)
> 30	27	80
1 <sup>er</sup> Acondicionado	45	100
30	35	75
25	45	70
20	55	60
2 <sup>o</sup> Acondicionado	55	100
15	60	55
12	65	45
3 <sup>er</sup> Acondicionado	70	100

El segundo acondicionamiento, requiere la aplicación de una temperatura de  $55^\circ \pm 2^\circ\text{C}$  durante un periodo de unas 10 horas.

Con este programa de secado se consigue alcanzar una humedad final del 12%, partiendo de un 30% de humedad, en un tiempo aproximado de 15-20 días, con una buena calidad de secado, sin defectos significativos y con

una buena distribución de la humedad en las tablas.

Al llegar a la humedad final especificada, la realización de un acondicionado final con temperaturas de 70°C y una humedad relativa próxima al 100% permite homogeneizar la humedad en las tablas, recuperando parte del posible colapso producido en el proceso.

## Conclusiones

Es perfectamente posible secar madera de eucalipto blanco, con escuadrías de referencia comprendidas entre 15 y 35 mm, en condiciones razonables y con una buena calidad final.

No obstante, el secado de la madera de eucalipto siempre será más delicado que el de otras maderas y, en consecuencia, más costoso. Por ello se recomienda seleccionar la calidad de la madera a secar, tratando de obtener tablas de madera de duramen y orientación radial que formarán parte de un producto de elevado valor añadido.

El presecado en cámara se confirma como una opción ventajosa frente al oreo tradicional, tanto por las ventajas derivadas de la disminución de las existencias en rotación como por la reducción de pérdidas por los defectos asociados a la madera expuesta a la intemperie.

Un presecado bajo unas condiciones de 27°C y 80% HR y una velocidad

de aire entre las pilas de 1 m/s, permite disminuir el contenido medio de humedad de madera de 30-32 mm de espesor desde un 65% hasta un 30%, en un periodo aproximado de 15-20 días.

Posteriormente, el tiempo requerido para alcanzar una humedad final del 12%, a partir de madera presecada (30% de humedad) es de 15-20 días y permite obtener una buena calidad de secado.

La realización durante el secado de diversas etapas de acondicionamiento de la madera por medio de vaporización, durante periodos cortos de tiempo, permite lograr una distribución homogénea del contenido de humedad y disminuir la influencia de las diferencias de densidad existentes.

Si la madera ha sido seleccionada previamente (edad adecuada, orientación radial, influencia de la médula, desviación de la fibra, etc.), no debe existir presencia significativa de defectos como colapso ni fendas internas o superficiales.

## Bibliografía

ALVAREZ-NOVES, H.; FERNÁNDEZ-GOLFÍN, J.L. 1996. "Secado de madera aserrada de *Eucalyptus globulus* al vacío continuo con vapor sobrecalentado. Comparación del secado tradicional en cámara". Boletín de información técnica de AITIM, 181.

ANANÍAS, R.A.; ESPINOZA, L.; KAUMAN, W.G. 1993. "Efecto del pretratamiento en ambiente saturado sobre el aliviamiento de tensiones y la recuperación del colapso durante el secado de *Eucalyptus globulus*". Actas del Simposio Los Eucaliptos en el Desarrollo Forestal de Chile, INFOR, Pucón, Chile.

ANANÍAS, R.A.; ESPINOZA, L.; KAUMAN, W.G. 1995 "Preheating chilean *Eucalyptus globulus* at 80 °C in water saturated air". Holzforschung, 49(2).

ANANÍAS, R.A.; RIVAS, O.; NOVOA, M.; GARAY, M.; STEINHAGEN, H.P. 1994. "Secado bajo vacío y por presecado a escala industrial de eucalipto". Ciencia e Investigación Forestal, 8(1).

BARISKA, M. 1992. "Collapse phenomena in eucalypts". Wood Science and Technology, 26.

BEKELE, T. 1995. "Degradation of boards of *Eucalyptus globulus* during air drying". Holz als Roh-und Werkstoff, 53.

CAMPBELL, G.S. 1991. "Index of Kiln Drying Schedules for Timbers Dried in Australia".

Division of Forestry & Forest Products, CSIRO, Australia.

CHANRION, P.; DAVESNE, A. 1991. "Le séchage des feuillus". Agence Française pour la Maitrise de l'Energie, E.D.F. Industrie, CTBA, Gas de France CTBA.

FERNÁNDEZ-GOLFÍN, J.L.; ALVAREZ-NOVES H. 1998. "Manual de secado de madera". Ed. AITIM, Madrid.

GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, C.; MIGUEL PEREDO, L. 2000. "Evaluación de programas de secado en madera joven y adulta de tres especies de *Eucalyptus*". Maderas: Ciencia y Tecnología, 2(1).

KOLLMAN, F. 1959. "Tecnología de la Madera y sus Aplicaciones, Tomo 1". Ministerio de Agricultura, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, IFIE, Madrid.

NEUMANN, R.J.; SAAVEDRA, A. 1992. "Check formation during the drying of *Eucalyptus globulus*". Holz als Roh-und Werkstoff, 50.

NORTHAWAY, R.L.; BLAKEMORE, P.A. 1999. "Evaluation of drying methods for plantation grown eucalypt timber". Division of Forestry & Forest Products, CSIRO, Australia.