

SECADO

de madera aserrada de

EUCALIPTUS

GLOBULUS

al vacío continuo con vapor
sobrecalentado. Comparación con
el secado tradicional en cámara

H. ALVAREZ- NOVES Y J.I. FERNÁNDEZ-GOLFIN SECO
CENTRO DE INVESTIGACIÓN FORESTAL (CIFOR-INIA)
ÁREA DE INDUSTRIAS FORESTALES

Se estudia comparativamente el secado de la madera aserrada de *Eucalyptus globulus* de 27 y 50 mm de espesor por dos métodos, tradicional en cámara y al vacío continuo con vapor sobrecalentado, analizándose la calidad final obtenida en la madera seca y dando recomendaciones para su mejora.

Introducción y motivación del estudio

Las plantaciones de *Eucalyptus globulus* en España ocupan en la actualidad alrededor de 430.000 Ha con una producción anual de unos 2.900.000 m³ de madera con corteza.

Estas plantaciones se encuentran situadas, principalmente en dos grandes zonas de España pero habiendo entre ellas grandes diferencias en cuanto a producción de madera:

Norte y Noroeste (Asturias, Cantabria y Galicia) con una extensión de unas 150.000 Ha y un rendimiento anual de 12-15 m³/Ha/año.

Sur de España, principalmente en las provincias de Huelva y Sevilla, con 210.000 Ha aproximadamente y un rendimiento de 3-4 m³/Ha/año.

De la producción total de madera de *Eucalyptus globulus* de España, apenas un 5% se destina a madera aserrada, a pesar de que es comentario general entre los industriales, de que la madera de eucalipto se podría utilizar en los mismos usos que las maderas tropicales con una serie de ventajas sobre éstas, tales como, más fácil abastecimiento y precio más económico, pero siempre y cuando se puedan eliminar o disminuir apreciablemente los dos principales problemas que presenta esta madera:

La existencia de fuertes tensiones de crecimiento que dan lugar a la formación de grandes rajadas de testa en la madera en rollo, así como, problemas de aserrado y deformaciones posteriores, todo ello con considerables pérdidas económicas.

La necesidad de un secado con condiciones muy suaves y delicadas (principalmente para piezas de >40 mm de grueso), con el fin de evitar la propensión de esta madera a la producción de defectos de secado, tales como; colapso, agrietamiento superficial e interno, tensiones internas y deformaciones y, como consecuencia de todo ello, resulta un secado excesivamente lento.

El objetivo de este estudio es dar una posible solución al problema del secado de esta especie de madera en piezas de gruesos superiores a 40 mm con tres fines bien definidos:

Acorotar lo más posible el tiempo de secado

Compatibilizar los defectos de secado admisibles con su uso final en carpintería y ebanistería

Encontrar el tipo de despiece más conveniente en cuanto a la menor producción de deformaciones y defectos producidos durante el secado.

70 Investigación

Secado

En la actualidad el producto, prácticamente único, de cierta importancia, que se fabrica en España a partir de madera aserrada de *Eucalyptus globulus* es el parquet tarima de 22 mm de grueso y hasta 2,5 m de largo.

El secado del parquet tarima se realiza con las piezas de madera con sus dimensiones definitivas. Primero se secan al aire, perfectamente apiladas, durante 4-6 meses, preferentemente en invierno para que el secado se realice con condiciones suaves (baja temperatura y alta humedad relativa) y de este modo evitar la aparición de defectos de secado y, cuando se comprueba que han alcanzado el punto de saturación de las fibras (30%), se pasan a un secadero tradicional de aire caliente climatizado o de bomba de calor durante unos 15 días para completar su secado hasta alcanzar el 10-12% de humedad. En ningún caso los secaderos superan los 50° C de temperatura, ni se realiza la fase de acondicionado, por no considerarla necesaria, puesto que las piezas tienen el grueso definitivo. Con este procedimiento se obtiene un producto de muy buena calidad.

NEUMANN (1) describe la forma de realizar el secado de *Eucalyptus globulus* de 30 mm de grueso en Chile, lo cual es prácticamente igual a como se realiza en España, aunque los datos de tiempo de secado que proporciona son mayores, principalmente el dedicado al secado al aire.

El problema surge cuando lo que se pretende es secar piezas de 40-50 ó 60 mm de grueso destinadas a carpintería o ebanistería. Si se sigue el mismo procedimiento de secado que para el parquet tarima, el tiempo de secado al aire, hasta alcanzar el 30% de humedad, resulta excesivamente largo y con el inconveniente de que parte del secado se realizaría en épocas calurosas y secas con la consiguiente producción de defectos que inutilizarían gran parte de la partida de madera. En el supuesto de que la madera haya alcanzado el 30% de humedad sin grandes defectos todavía queda un período de secado en cámara de, por lo menos, 40 ó 50 días. Como se puede ver por lo anteriormente expuesto, el secado de este tipo de piezas de madera da

lugar a un proceso de larga duración, problemático y en conjunto muy costoso.

En el presente trabajo se expone un estudio comparativo de secado, tanto en duración como en calidad de secado, de madera aserrada de *Eucalyptus globulus* de 27 y 50 mm de grueso por los dos siguientes procedimientos:

Al vacío continuo con vapor sobrecalentado
En cámara con aire caliente climatizado (tradicional)

En todas las pruebas se parte de madera en el estado verde y todos los ciclos de secado se efectúan íntegramente como secado artificial.

Metodología del trabajo

Madera empleada

Las piezas de *Eucalyptus globulus* utilizadas en las pruebas de secado fueron adquiridas en una serrería de Galicia y procedían de rollos de diámetro inferior a 30 cm, es decir, de árboles jóvenes, con grandes crecimientos anuales, gran proporción de madera juvenil y tensiones de crecimiento.

Las dimensiones de las piezas fueron:
1.500 x 150 x 27 mm y 1.500 x 150 x 50 mm

Para cada prueba de secado, tanto en el secadero tradicional (con aire caliente climatizado) como al vacío continuo con vapor sobrecalentado, se formó una pila de 36 tablas para las de 27 mm de grueso y de 24 tablas para las de 50 mm, compuestas de 12 y 8 pisos respectivamente, con 3 tablas por piso, con las tablas de cada piso colocadas canto con canto, es decir, sin separación entre ellas. Cada piso separado de los adyacentes por rastreles de 25 mm de grueso.

La elección del tamaño y forma de la pila de madera, venía impuesta por las medidas de ambas cámara de seca-

do (tradicional y vacío), que no permitían un tamaño mayor de la pila compatible con la buena circulación del aire o vapor dentro de la cámara.

El volumen de madera de cada pila fue de 0,218 m³ para las tablas de 27 mm de grueso y de 0,270 m³ para las de 50 mm. Ambas cámaras de secado poseen prácticamente la misma capacidad.

Descripción del secadero tradicional empleado

Las pruebas de secado tradicional se realizaron en un secadero diseñado y construido por el propio

Tabla 1

Grueso - 27 mm Programa de secado DWT: T5-H3

Humedad de la madera Precalentamiento >40% >28% >20% >6% Acondicionado

Temperatura	62°C	62°C	67°C	72°C	77°C	67°C
Humedad relativa	93%	91%	84%	67%	38%	50%

Tiempo de precalentamiento - 5 horas
Tiempo de acondicionamiento - 11 horas

Tabla 2

Grueso - 50 mm Programa de secado DWT: T3-H2

Humedad de la madera Precalentamiento >40% >28% >20% >6% Acondicionado

Temperatura	56°C	56°C	61°C	66°C	71°C	61°C
Humedad relativa	95%	93%	87%	70%	40%	50%

Tiempo de precalentamiento - 7,5 horas
Tiempo de acondicionamiento - 20 horas

Número de sondas de humedad de la madera - 10
Situación de las sondas de humedad - 1/2 del grueso de la pieza
Método de secado - Por la humedad media medida por las sondas
Humedad final deseada a 1/2 del grueso de las piezas antes del acondicionamiento - 13%

INIA en 1990. Tiene unas dimensiones interiores de 151x80x80 cm, estando construido internamente mediante chapa de acero inoxidable con soldaduras del mismo material.

La puerta frontal, dividida en dos hojas, tiene una forma interior cóncava para evitar, en la medida de lo posible, turbulencias en el flujo gaseoso interior.

El sistema de circulación interna del flujo gaseoso consta de un ventilador axial de 55 cm de diámetro y 1,5 kw, provisto de motor de velocidad variable ubicado en el exterior. La velocidad máxima del flujo gaseoso puede ser de hasta 5 m/s, aunque para las pruebas se mantuvo constante a 1,5 m/s.

La cámara de secado, aislada perimetralmente con lana de roca de 55 mm de espesor, posee varios conductos para el paso de sondas de temperatura y humedad de la madera, psicrómetro, trampillas de admisión y expulsión de aire y vaporizador. Todos estos elementos están contruidos y ubicados de forma que la estanqueidad del recinto interior sea máxima.

El sistema de calefacción consta de cuatro resistencias eléctricas, dos de 1,5 kw y otras dos de 4,5 kw.

Como elemento accesorio, el secadero incorpora un vaporizador a presión atmosférica, de 6 kw, marca DEFENSOR, modelo DEVAPOR MK3.

Descripción del secadero al vacío continuo con vapor sobrecalentado

Las pruebas de secado al vacío se efectuaron en una planta piloto para el secado acelerado de madera según el proceso MOLDRUP con un autoclave de 1.200 mm de diámetro y 1.700 mm de longitud, fabricado por THE DANISH WOOD TREATING Co, LTD (DWT). La bomba de vacío es del tipo de anillo líquido marca SIEMENS ELMO tipo 2BV 2071, utilizando agua como líquido de servicio.

Programas de secado al vacío

Para determinar el programa de secado más idóneo en cuanto a tiempo y calidad de secado, se realizaron varias pruebas previas. Se probaron aquellos programas de secado que recomendaba DWT para especies de madera con un "specific gravity" de 0,65 o muy próximo.

Se aceptaron como programas más convenientes los dos siguientes (tablas 1 y 2):

Programa de secado para el secadero tradicional

Se ha utilizado para ambos gruesos el mismo programa, siendo éste el recomendado por el CTBA (2) Tabla de Secado nº 1 con una ligera modificación consistente en una pequeña elevación de la temperatura en las tres primeras etapas de secado. Esta modificación no afecta a la calidad de secado como se ha comprobado en pruebas previas.

Calidad de secado

La evaluación de la calidad de secado después de

TABLA DE SECADO Nº 1

Gruesos 27 y 50 mm Programa de Secado CTBA nº 1 (modificado)

Humedad de la madera (%)	Temperatura (°C)	Humedad relativa %
Verde	35 (30)	82
35	40 (30)	80
30	42 (40)	80
28	45	77
25	50	70
22	55	67
20	60	57
18	60	50
15	65	42

Tiempo de precalentamiento - 2 horas por cm de espesor
Tiempo de acondicionado - 2 horas por cm de espesor

Número de sondas de humedad de la madera - 5

Situación de las sondas de humedad - 1/3 del grueso de la pieza
Método de secado - Por la humedad media medida por las sondas
Humedad final deseada a 1/3 del grueso de las piezas, antes del acondicionado - 10-11%.

las distintas pruebas se ha efectuado en cuanto a humedad media, homogeneidad y repartición de la humedad siguiendo las recomendaciones de ALEON (3) y para los defectos de secado (tensiones internas, agrietamiento superficial, interno y de testa y colapso) se ha seguido la Recomendación del (EDG) European Drying Group (4).

Discusión de los resultados obtenidos

La Tabla 2 aporta los resultados de la evaluación de la calidad de secado obtenida en las diferentes experiencias.

Con carácter general puede decirse que en el secado al vacío se aprecia una peor repartición y homogeneidad de la humedad y mayores tensiones de secado que en secado tradicional, tal vez debido a una insuficiente fase de acondicionado, y a que el proceso del secado se ha conducido con la humedad media en lugar de la humedad máxima de las sondas (mayor gradiente de secado).

El colapso expresado en forma de ondulaciones exteriores únicamente se manifiesta en las tablas de corte radial en la madera de verano debido probablemente a diferencias de contracción entre la madera de verano y deprimavera, claramente visible por la gran anchura que los anillos de crecimiento toman en esta especie.

A pesar de que en ninguna de estas experiencias han aparecido grietas superficiales, es muy frecuente que las tablas de corte radial que contienen médula o primeros anillos, presenten una o varias rajadas de médula a lo largo de toda la longitud de la pieza, que las hace prácticamente inservibles. Este defecto es considerado por las Recomendaciones del EDG como defecto de calidad de madera y no defecto de secado.

Es muy frecuente que en las piezas que contienen madera juvenil, aparezcan grietas internas, pequeñas y numerosas localizadas en la parte de verano del anillo de crecimiento. Es posible que su origen sea debido a la presencia de colapso aunque exteriormente éste no se manifieste.

Las únicas grietas de testa que aparecen son debidas a tensiones de crecimiento, por lo que su presencia no se puede considerar propiamente como defecto de secado.

En lo que respecta a las deformaciones, la más frecuente es el abarquillado o atejado de las tablas, teniendo una influencia decisiva en este caso la inclinación de los anillos de crecimiento. La deformación máxima se produce con los anillos inclinados 45° res-

72 Investigación

Secado

pecto de la cara de las tablas y la deformación mínima con las inclinaciones de 0° y 90°, respectivamente. En este sentido baste recordar que esta madera posee un coeficiente de anisotropía (entre las contracciones tangencial y radial de la madera) de 2.1 y una diferencia absoluta entre los valores de las contracciones radial y tangencial de 8.8 (FERNÁNDEZ-GOLFÍN, et al, 1995 (5)).

Otra deformación frecuente es el alabeo de piezas que incorporan madera juvenil y con altos niveles de tensiones de crecimiento.

Conclusiones

1. Los programas de secado para el *Eucalyptus globulus* utilizados en este trabajo, tanto para el procedimiento de vacío continuo como para el tradicional, son perfectamente adecuados para obtener una buena calidad de secado.

2. Para alcanzar esta calificación de calidad es necesario:

- Utilizar el mayor número posible de sondas de humedad
- Situarlas correctamente en el corazón de las piezas
- Conducir el proceso de secado por la sonda más húmeda
- Realizar una correcta fase de acondicionado

3. El secado al vacío continuo con vapor sobrecalentado es, aproximadamente, cinco veces más rápido que el secado tradicional (en cámara con aire caliente climatizado), obteniéndose la misma buena calidad por ambos procedimientos.

4. El colapso en forma de ondulaciones exteriores únicamente se manifiesta en las tablas de corte radial en la madera de verano, pero en todos los casos es de una importancia insignificante.

5. También puede achacarse a colapso las pequeñas y numerosas grietas internas que aparecen en la madera de verano de los anillos próximos a la médula (madera juvenil).

6. La presencia de médula o de los primeros anillos (madera juvenil) en una pieza, da lugar a la aparición de una gran raja superficial de gran profundidad a lo largo de prácticamente toda la pieza, que la inutiliza totalmente.

7. Se deduce de los dos puntos anteriores que, tanto la médula como los cuatro o cinco primeros anillos de crecimiento, deben de ser eliminados mediante un aserrado adecuado para obtener piezas de calidad.

8. La deformación más importante que aparece después del secado, en piezas de hasta 1,5 m de longitud y 15 cm de anchura, es el abarquillado o atejado, siendo esta deformación máxima en las piezas con los anillos de crecimiento inclinados 45° respecto de la cara y mínima o prácticamente nula con los anillos a 90° y 0° (tablas radiales y tangenciales respectivamente).

9. El curvado de canto y de cara pueden aparecer si en las piezas hay presencia de madera juvenil y/o tensiones de crecimiento.

10. Con vistas a la obtención de piezas de elevada calidad, perfectamente secas y sin deformaciones, es conveniente diseñar el método de aserrado, de forma que se consigam piezas lo más radiales o tangenciales posible y se eliminen tanto la médula como los primeros anillos. Como es lógico el sistema de despique elegido debe ser compatible con la existencia o no de tensiones de crecimiento.

10. A menos que se practique un perfecto acondicionado, para eliminar las tensiones de secado y disminuir la reparación de la humedad, interesa que las piezas se sequen con un grueso lo más próximo al definitivo y, si es posible, con la anchura cercana a la final, en este caso para disminuir la incidencia del abarquillado.

Bibliografía

1. NEUMANN, R.I. (1989). Kiln drying young *Eucalyptus globulus* boards from green. Proceedings of the IUFRO International Wood Drying Symposium. July 23.28, 1989 Seattle Washington, USA.

2. CTBA (1990). Séchage du bois - Guide pratique.

3. ALEON, D. (1993). Evaluer soi-même la qualité de ses bois secs. CTBA INFO n° 43. Juin 1993.

4. EDG. Recommendation (23-10-1994). Assessment of Drying Quality of Timber (Pilot Edition). Commission of the Europeans Communities.

5. FERNÁNDEZ-GOLFÍN et al (1995). Características físico-mecánicas de la madera de especies de crecimiento rápido de procedencia española. Revista de Investigación Agraria 4(2). En prensa.

TABLA 2

Evaluación de la calidad de secado
Eucalyptus globulus

Método	Grueso mm.	Humedad inicial(%)	H u m e d a d f i n a l				G r i e t a s				
			Media(%)	Homogeneidad(%)	Repartición(%)	Bolsa de humedad	Tensionado	Colapso	Superficiales	Internas	Duración del secado
Vacío	27	53,5	10,9	70	2,73	NO	L	L	NO	L	4 días y 21 horas
Tradicional	27	88,5	12,4	90	2,46	NO	NO	L	NO	NO	29 días y 5 horas
Vacío	50	64,7	9,7	80	3,32	Escasas	L	L	NO	L	16 días y 12 horas
Tradicional	50	66,4	10,6	80	2,54	NO	L	L	NO	L	79 días y 4 horas

(L) Ligero, (M) Moderado, (Y) Intenso
 (*): % de tablas incluidas en el intervalo (humedad final media ±2%)
 (**): Media de las diferencias de humedad entre el corazón y la superficie de las tablas
 (1): Después de cuatro días de la salida del secadero