

Secado artificial de madera de coigüe (*Nothofagus dombeyi*)

Kiln Drying of coigüe wood (*Nothofagus dombeyi*)

C.D.O.: 847.2

MIGUEL PEREDO¹ y RAMON FIGUEROA²

¹Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, casilla 853, Valdivia, Chile.

²Bosques Arauco S.A., casilla 147, Arauco, Chile.

SUMMARY

A program of artificial drying of coigüe wood (*Nothofagus dombeyi*) 1 inch thick, pretreated by hot water soaking to 70° C during 48 hours was applied in this research. The specific objectives were to apply a drying program based on moisture content, and to evaluate the drying quality. The assay of the treated wood was evaluated regarding the final quality obtained, as well as the drying time. The application of the drying program to coigüe wood, turned out to be of regular quality. The greatest defects were splits, split ends and twists in warps. In general, non classification of wood was due to a high frequency of defects rather than to their high intensity. A significant quality change when applying pretreatment was not observed. A significant fall in drying time was seen, reducing it approximately 35%. In addition to this, a fairly significant fall in final collapse of pieces was observed. The application of hot water soaking pretreatment, with less drastic drying programs is recommended, to obtain a good quality product in a relatively short time.

RESUMEN

Se aplicó un programa de secado artificial para secar madera de coigüe (*Nothofagus dombeyi*) de 1" de espesor, pretratada mediante inmersión en agua a 70° C durante 48 horas. Se planteó como objetivo específico aplicar un programa de secado en base a contenido de humedad y evaluar en forma técnica la calidad del secado de la madera tratada. El ensayo se evaluó en función de la calidad final obtenida, así como de la duración del secado. El programa de secado aplicado a madera de coigüe resultó ser de regular calidad, ya que se observaron algunos defectos de secado. La mayor incidencia en los defectos correspondió en el caso de grietas, a grietas en los extremos, y en el caso de alabeos, a terceduras. En términos generales la desclasificación se debió más a una alta frecuencia de defectos que a una alta intensidad de éstos. No se apreció un cambio significativo en la calidad al aplicar el pretratamiento. Sí se notó una apreciable disminución en los tiempos de secado, reduciéndose éste en promedio aproximadamente en un 35%. Además de obtener una reducción bastante significativa en el colapso residual de las piezas.

INTRODUCCION

Coigüe (*N. dombeyi* (MIRB.) OERST) es una de las especies forestales más importantes dentro del bosque nativo chileno. En el año 1946 representaba un 35% del volumen total aserrable de madera nativa del país (Haig *et al.*, 1946, cit. por Kauman y Mittak, 1965). En el año 1991 ocupó el segundo lugar, después de la tepa, en producción de madera aserrada (INFOR, 1992).

Sin embargo, su utilización se ve limitada fundamentalmente debido a los graves problemas que se presentan durante su secado, en el cual ocurren pérdidas considerables (Rosende y Bluhm, 1966). Destacándose entre éstas las diferentes deformaciones y fundamentalmente la presencia de colapso.

Lamentablemente los estudios realizados en nuestro país no han logrado el desarrollo de programas de secado que permitan obtener un producto

aceptable en los mercados de exportación. Tampoco se evidencia la aplicación de sugerencias tendientes a reducir los tiempos de secado (Teredo, 1988).

Dentro de este contexto, el presente trabajo tuvo como objetivo principal evaluar en forma técnica el efecto del pretratamiento en el secado. Fijándose también como objetivos secundarios la aplicación del programa de secado, y la evaluación técnica de la calidad del secado de la madera tratada.

MATERIAL Y METODO

Material e instrumental. Se usó madera aserrada de coigüe en dimensiones de 1"x 6"x 1,1 m. Las muestras se eligieron de madera recién aserrada, con un mínimo de defectos, ya que por las características del secado artificial sólo se justifica su aplicación en madera sin defecto. Para realizar los ensayos se utilizó el equipo disponible en el Instituto de Tecnología de Productos Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Austral de Chile, en parte ya descrito y utilizado en trabajos anteriores (Kauman y Mittak, 1966; Muñoz, 1972; Salgado, 1974; Bahamondes, 1976; Bravo, 1977 y Ramírez, 1984). Algunas propiedades físico-químicas de la madera sometida a secado se presentan en el cuadro 1.

CUADRO 1

Propiedades físico-químicas de la madera sometida a secado

Physico - chemical properties of wood subject to drying

Muestra N°	Densidad ₃ (Kg/m ³)	Cont. humedad inicial (%)	Cont. extraíbles (%)
1	491.7	119.2	6.8
2	558.4	103.0	8.4
1*	556.5	113.3	8.1
2*	514.9	90.0	5.7

* Madera sometida a pretratamiento.

La muestra N° 1 presenta un contenido de humedad inicial mayor que la muestra N° 2, 119,2% y 103,02% respectivamente.

Los valores de densidad (cuadro 1) demuestran que la muestra N° 2 tiene una mayor densidad básica que la muestra N° 1.

Método. Las trozas seleccionadas se aserraron en el aserradero Vista Alegre Ltda., obteniéndose piezas de 1" x 6" x 1,1 m.

El diseño experimental incluyó un total de cuatro cargas de secado, las que se describen en el cuadro 2.

CUADRO 2

Descripción de los ensayos

Trial description

Muestra N°	Pre-tratamiento	N° tabla	N° tablas de prueba
1	NO	48	6
2	NO	48	6
1	SI	48	6
2	SI	48	6
		196	24

Una vez aserrada la madera, una parte de ella se sometió a un pretratamiento de inmersión en agua a 70° C durante 48 horas, de acuerdo a las experiencias obtenidas por Haslet y Kininmonth (1986) y Gunzerodt *et al.* (1986). De acuerdo con lo expresado en el cuadro 2, se aplicó un programa de secado, con dos repeticiones, a maderas con y sin pretratamientos de inmersión en agua caliente.

El programa de secado se elaboró sobre la base del contenido de humedad de la madera. Para su confección se tomaron en cuenta recomendaciones realizadas en trabajos anteriores relacionados con el tema (Kauman y Mittak, 1964,1965,1966; Bluhm *et al.*, 1965; Rosende y Bluhm, 1966; Muñoz, 1972).

Se contempla un tiempo de calentamiento de 2.5 hora antes de empezar el secado. El programa de secado se presenta en el cuadro 3.

Una vez finalizado el secado, los defectos y el colapso se determinaron a partir del esquema descrito y aplicado por autores tales como Kauman y Mittak, 1965, 1966; Rosende y Bluhm, 1966; Muñoz, 1972; Salgado, 1974; Bahamondes, 1976; Bravo, 1977; y Ramírez, 1984.

Para los efectos de evaluar la calidad del secado se consideraron como defectos:

Grietas:

- a. Grietas en las caras
- b. Grietas en los extremos
- c. Grietas internas

CUADRO 3

Programa de secado utilizado
Drying schedule

HM	Ts	Th	t	Hr
Verde	45	43	2	90
80	50	47	3	85
40	60	55	5	77
30	60	54	6	73
20	65	59	6	75
*17	65	58	7	68,5
10				

HM = Humedad promedio de la madera en (%)
Ts = Temperatura del bulbo seco en ° C
Th = Temperatura del bulbo húmedo en ° C
Hr = Humedad relativa del aire en (%).
t = diferencia psicométrica

* Se aplica un reacondicionamiento durante 3-4 horas dependiendo de la intensidad del colapso, en el que se aplica vapor saturado a 100° C (Ellwood *et al.*, 1960; Bryan, 1960; Kauman y Mittak, 1964; Bluhm *et al.* 1965; Actas de la Reunión sobre Investigación en Productos Forestales, 1965).

La presencia de grietas internas se detectó a través de un corte de 40 cm de largo, en el punto medio de sus cantos (Muñoz, 1972).

La intensidad de las grietas se determina mediante la siguiente pauta:

- (0) - ningún defecto : sin grietas.
(0.5) - leves : hasta 4 grietas finas de 1" de longitud
(2.0) - regular a fuerte: hasta 4 grietas abiertas de 1" de longitud
(2,5) - intensas : más de 5 grietas abiertas y largas

Alabeos:

- Acanaladura
- Torcedura
- Arqueadura
- Encorvadura

En el cuadro 4 se muestra la evaluación para cada deformación, tomando como base valores máximos admisibles por el Instituto Nacional de Normalización (1972) y ajustados a tablillas de 1.1 m por Guerrero e Inzunza (1980).

La calidad del secado se determinó como la suma de las medias de los siete defectos de secado, presentándose la escala de referencia a usar en el cuadro 5.

CUADRO 4

Evaluación de alabeos a niveles máximos admisibles
Maximal Warps admissible

Deformaciones	Unidad	Niveles de clasificación			
		A	B	C	D
Acanaladura	mm	0	2.6	5.2	>5.2
Torcedura	mm	0	3.1	5.8	>5.8
Arqueadura	mm	0	4.0	7.0	>7.0
Encorvadura	mm	0	1.0	1.5	>1.5

donde:

- A: sin alabeo (0)
B: alabeo leve (0.5)
C: alabeo leve a fuerte (2.0)
D: alabeo intenso (2.5)

CUADRO 5

Determinación de la calidad del secado
Kiln quality determination

excelente	: 0.0	
muy buena	: hasta 0.5	Condiciones de secado
buena	: hasta 1.0	adecuadas
regular	: hasta 1.5	Condiciones de secado
menos de regular:	hasta 2.0	poco adecuadas
defectuosa	: hasta 3.0	Condiciones de secado
mala	: hasta 5.0	inadecuadas
muy mala	: más de 5.0	

El colapso se determinó visualmente de acuerdo a lo señalado por el Instituto Nacional de Normalización (1972).

Para tal efecto se utilizó la siguiente pauta:

- (0) SC = Sin colapso, cuando la madera no presenta aplastamiento celular.
(0.5) CL = Colapso leve, cuando se presenta aplastamiento celular en algunas zonas de la tablilla.
(1.5) CI = Colapso intenso, cuando la tablilla esté afectada por colapso en más de un 50%.

Análisis estadístico. Con el objeto de validar la representatividad y la correlación de los resultados obtenidos, se realizó en cada caso un análisis de varianza "ANOVA" (modelo I) para un nivel de significación del 5%.

PRESENTACION Y DISCUSION
DE RESULTADOS

Aplicación del programa de secado sin pretratamiento. Los contenidos de humedad final presentan valores promedio de 7.10% y 11.34% respectivamente. La similitud entre ambos valores se debe a que al tratarse de un programa de secado en base a contenido de humedad de la madera, el programa concluye solamente una vez alcanzado el contenido de humedad final programado.

Grietas

CUADRO 6

Frecuencia de grietas y su incidencia en la calidad de la madera

Frequency and participation of checks on quality

Tipo	Muestra N° 1		Muestra N° 2	
	% Particip.	Ind. grietas	% Particip.	Ind. grietas
Extremos	48	0.68	61.9	0.57
Internas	16	0.08	20.6	0.14
Caras	8	0.10	9.5	0.12

En el caso de la muestra N° 1, el 52% de las piezas presentó grietas en algún grado, mientras que en la muestra N° 2 el 66.7% estuvo afectado por grietas. Las grietas en los extremos demostraron ser el tipo de defecto que se presentó con mayor frecuencia en ambas réplicas y el con mayor incidencia en el índice de calidad, en lo que a grietas se refiere. Por otra parte, el defecto que se presentó con menor frecuencia fue el de grietas en las caras (cuadro 6).

Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas en las dos réplicas en lo que a grietas se refiere.

Esta alta incidencia de las grietas coincide con los resultados obtenidos por Kauman y Mittak (1966). Y se debe a las altas temperaturas aplicadas al principio del secado, ya que la mayor parte de este defecto se presentó durante las primeras 48 horas. Esto se podría evitar al aplicar temperaturas iniciales de menor magnitud.

En la muestra N° 1 el 85,7% y en la N° 2 el 68% de las piezas acusó algún tipo y grado de alabeo. El tipo de alabeo que se presentó con mayor frecuencia como elemento de desclasificación

Alabeos

CUADRO 7

Frecuencia de alabeos y su incidencia en la calidad de la madera

Frequency and participation of warps on quality

Tipo	Muestra N° 1		Muestra N° 2	
	% Particip.	Ind. alabeo	% Particip.	Ind. alabeo
Acanaladura	8	0.04	9.5	0.12
Torcedura	56	0.48	66.7	0.67
Arqueadura	20	0.18	9.5	0.12
Encorvadura	4	0.02	4.8	0.12

fue la torcedura. Los otros alabeos son de menor frecuencia, siendo el menor la encorvadura (cuadro 7).

Las diferencias entre réplicas, en lo que a alabeos se refiere, no fueron estadísticamente significativas.

La alta incidencia de los alabeos coincide con los resultados obtenidos por Kauman y Mittak (1966). En este caso las causas se deben en parte al deficiente sistema de tensionado de la carga, el cual al no actuar debidamente como sobrepeso permitió que este defecto se viera acrecentado.

Colapso.

CUADRO 8

Frecuencia de colapso y su intensidad

Frequency and intensity of collapse

Muestra N°	% Piezas afectadas	Indice colapso
1	80	0.48
2	100	0.79
1*	47.6	0.29
2*	55.7	0.28

* Madera sometida a pretratamiento de inmersión en agua.

El porcentaje de piezas afectadas con algún grado de colapso es alto. Los valores presentados en el cuadro 8 demuestran un 80% de piezas afectadas para la muestra N° 1 y el 100% en el segundo caso. Esto ocurrió a pesar de que ambas cargas fueron sometidas a reacondicionado. No obstante el alto porcentaje de piezas afectadas por colapso, su intensidad no es alta, ya que el índice de colapso para la muestra N° 1 indica colapso leve y en el segundo caso de leve a fuerte.

Las diferencias entre muestras, en lo que a colapso se refiere, fueron estadísticamente significativas.

Esto ocurre ya que la muestra Nº 2 posee una mayor densidad básica y un mayor contenido de extraíbles, lo que en la práctica se traduce en un grado de colapso mayor (Hildebrand, 1964; Inzunza, 1973).

Al final del secado fue necesario aplicar a ambas muestras un tratamiento de reacondicionado, consistente en la aplicación de vapor saturado a 100° C durante 4 horas, cuando la madera logró un contenido de humedad entre el 15 y 20%. Con este tratamiento fue posible recuperar dimensionalmente las piezas afectadas por colapso (Bryan, 1960; Kauman y Mittak, 1965; Bluhm *et al.*, 1965).

Los valores de contracción de las piezas antes y después del reacondicionado se observan en el cuadro 9, así como la recuperación dimensional obtenida.

Se puede apreciar claramente el efecto del reacondicionado en la recuperación dimensional de las piezas, se observa claramente una mayor recuperación en los espesores de las piezas que en los anchos. Esto coincide con los resultados obtenidos por Kauman y Mittak (1966). Se observa, además, una menor recuperación dimensional en

CUADRO 9

Contracción antes y después del reacondicionado (%)
Shrinkage before and after reconditioning

	Muestra Nº 1		Muestra Nº 2	
	Ancho	Espesor	Ancho	Espesor
Antes reacond.	6.02	9.11	6.50	7.06
Después reacond.	4.03	5.25	5.43	5.23
Recuperación (%)	1.99	3.86	1.07	1.83

el caso de la muestra Nº 2, tanto en ancho como espesor. Este fenómeno se puede explicar debido a su mayor intensidad de colapso, lo que se refleja a su vez en un mayor colapso residual de las piezas.

Duración del secado. La muestra Nº 1 se secó en mucho menor tiempo que la muestra Nº 2. Esto se debe a la diferencia significativa existente entre los valores de densidad básica y contenido de extraíbles de ambas cargas, lo que incide fuertemente en la velocidad con que la madera entrega agua al medio (Peredo e Inzunza, 1988; Gundzerodt *et al.* 1986), (ver figuras 1 a 4).

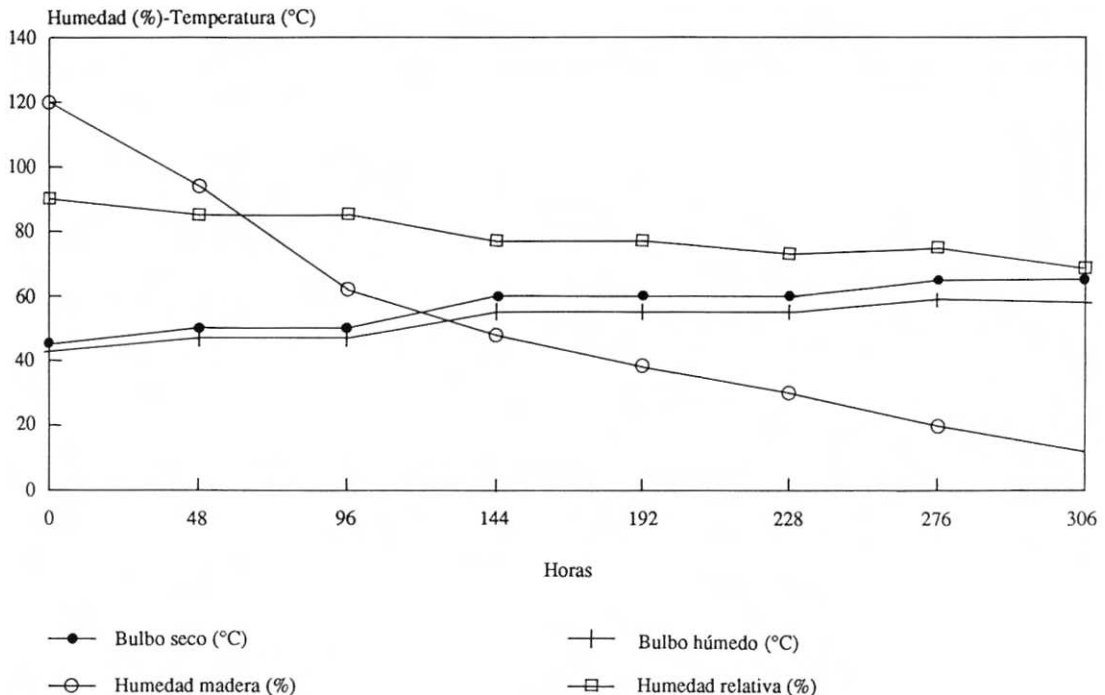


Fig. 1. Curva de secado en función del tiempo y características generales del plan de secado (Muestra Nº 1).
Kiln curve according to time and characteristics of drying schedule (Reply Nº 1).

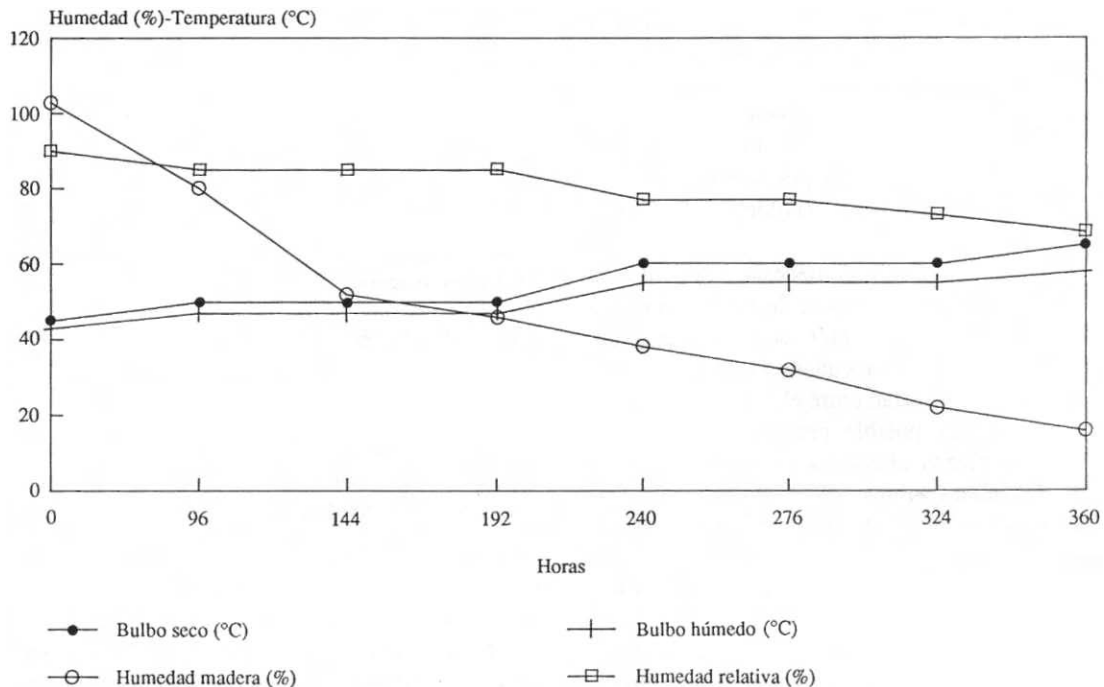


Fig. 2. Curva de secado en función del tiempo y características generales del plan de secado (Muestra N° 2).
Kiln curve according to time and characteristics of drying schedule (Reply N° 2).

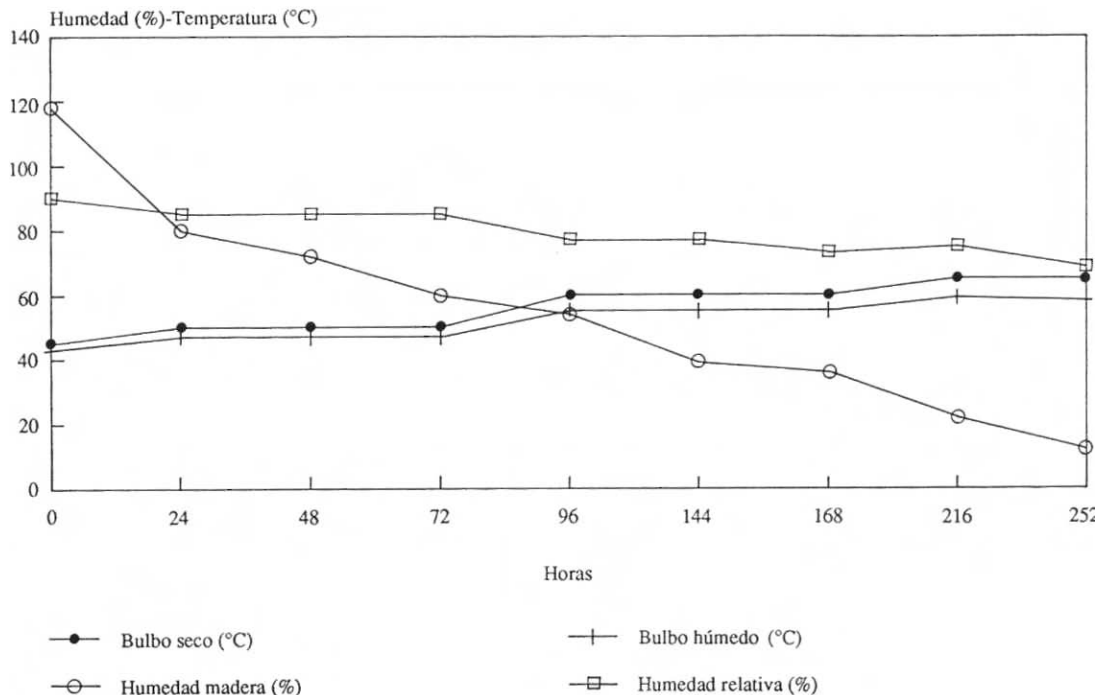


Fig. 3. Curva de secado en función del tiempo y características generales del plan de secado (muestra N° 1).
Kiln curve according to time and characteristics of drying schedule (Reply N° 1).

Por otra parte, los tiempos totales de secado están relacionados en forma directa con los contenidos de humedad tanto iniciales como finales de las cargas, siendo la diferencia entre ambos contenidos de humedad fundamental en la velocidad del secado. Como existen diferencias significativas en cuanto al contenido de humedad inicial de la madera, se producen por consiguiente diferencias en el tiempo total de secado. Sin embargo, hubo una mayor influencia de las variables densidad básica y contenido de extraíbles que en el contenido de humedad inicial de la carga. Esto se puede apreciar al observar la velocidad con que entregan el agua los dos tipos de madera analizados, (figuras 1 a 4).

Evaluación de la calidad del programa aplicado sin pretratamiento. La suma de las medias de los defectos del secado fue la siguiente:

Defecto de secado	Muestra Nº 1	Muestra Nº 2
1. Grietas en los extremos	0.68	0.57
2. Grietas en las caras	0.10	0.17
3. Grietas internas	0.08	0.14
4. Acanaladura	0.04	0.12
5. Torcedura	0.48	0.67
6. Arqueadura	0.18	0.12
7. Encorvadura	0.02	0.12
Calidad final de secado	1.54	1.86

La calidad final corresponde en ambos casos, según la pauta de calificación, a un secado menos que regular, lo que califica al programa de secado como un programa poco adecuado.

La calidad final entre ambas muestras no es estadísticamente significativa al 5% de error, por lo que se puede considerar que ambas cargas entregaron un mismo nivel de calidad.

Grietas

En el caso de la muestra Nº 1 el 85,7% de las piezas presentó grietas en algún grado, mientras que en la muestra Nº 2 el 66,7% estuvo afectado por éstas. Las grietas en los extremos demostraron ser el tipo de defecto que se presentó con mayor frecuencia en ambas réplicas y el con mayor incidencia en el índice de calidad en lo que a grietas se refiere. Por otra parte, el defecto que se presentó

CUADRO 10

Frecuencia de grietas y su incidencia en la calidad
Frequency and participation of check on the quality

Tipo	Muestra Nº 1		Muestra Nº 2	
	% Particip.	Ind. grietas	% Particip.	Ind. grietas
Extremos	80.9	0.69	59.3	0.56
Internas	14.3	0.07	11.1	0.06
Caras	33.3	0.17	22.2	0.22

con menor frecuencia fue el de grietas internas (cuadro 10). Esta alta incidencia de las grietas coincide con los resultados obtenidos por Kauman y Mittak (1966).

En este caso la alta incidencia de este defecto se puede atribuir a temperaturas iniciales demasiado elevadas, ya que la mayor parte se presentó durante las primeras 48 horas de secado.

Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas en las dos réplicas en lo que a grietas se refiere.

Alabeos

CUADRO 11

Frecuencia de alabeos y su incidencia en la calidad de la madera

Frequency and participation of warps on wood quality

Tipo	Muestra Nº 1		Muestra Nº 2	
	% Particip.	Ind. alabeo	% Particip.	Ind. alabeo
Acanaladura	4.8	0.12	11.1	0.11
Torcedura	42.9	0.29	51.9	0.69
Arqueadura	9.5	0.19	18.5	0.17
Encorvadura	19.1	0.14	-	-

- No se presentó encorvadura.

En la muestra Nº 1 el 71.4 y en la Nº 2 el 81,5% de las piezas acusó algún tipo y grado de alabeo. El tipo de alabeo que se presentó con mayor frecuencia como elemento de desclasificación fue la torcedura. Los otros alabeos son de menor frecuencia, siendo los menores la arqueadura y la encorvadura.

No se apreció encorvadura en el caso de la muestra Nº 2. Al observar los valores presentados en el cuadro 11 se aprecia que dentro de los alabeos es el defecto con menor incidencia y en consecuencia factible de estar ausente en una carga de

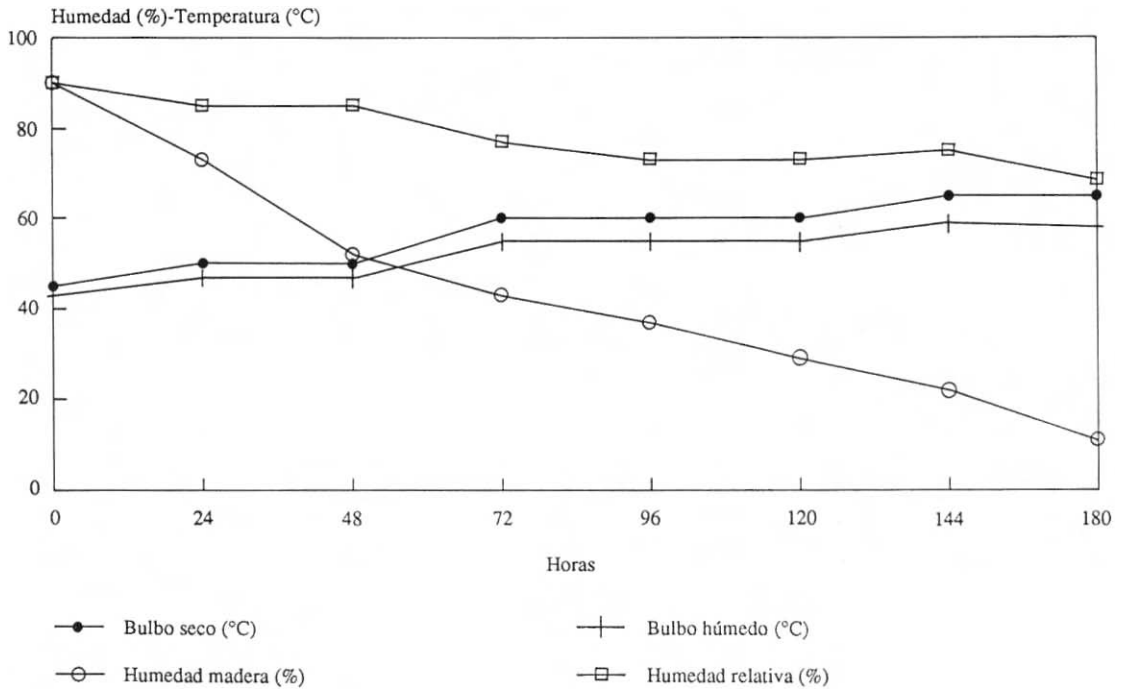


Fig. 4. Curva de secado en función del tiempo y características generales del plan de secado (muestra № 2).
Kiln curve according to time and characteristics of drying schedule (reply № 2).

secado. Además, por su baja frecuencia, este defecto no fue considerado en los ensayos realizados por Kauman y Mittak (1966).

Esta alta incidencia de alabeos se debe en parte al deficiente tensionado de los castillos con alambre, por lo que es recomendable el uso de sobrepre-sos, para así evitar la aparición de alabeos en las primeras corridas del castillo.

Las diferencias entre muestras, en lo que a alabeos se refiere, no fue significativa a un 5% de error.

Colapso. El porcentaje de piezas afectadas con algún grado de colapso es de 47.6% para la muestra № 1 y 55.7% en el segundo caso. La intensidad del colapso no es alta y en ambos casos el índice refleja un colapso de grado leve (cuadro 8).

La cantidad de compuestos extraíbles es determinante en la aparición de colapso (Inzunza, 1973). En este caso la remoción parcial de estos elementos produce en ambas muestras una clara disminución en los índices de colapso.

Estadísticamente no hay diferencias significativas en la intensidad del colapso producido en ambas muestras.

Al final del secado también fue necesario aplicar en ambas muestras un tratamiento de reacondicionado, para así remover en parte el colapso producido en las piezas. El tratamiento consistió en aplicar vapor saturado a 100° C durante 4 horas, cuando la madera alcanzó un contenido de humedad entre el 15 y 20%.

Los valores de contracción de las piezas antes y después del reacondicionado se observan en el cuadro 12.

Se puede apreciar claramente el efecto del reacondicionamiento en la recuperación dimensional de las piezas; se observa, además, una mayor recuperación en los espesores de las piezas que en los

CUADRO 12

Contracción antes y después del reacondicionado (%)
Shrinkage before and after reconditioning

	Muestra № 1		Muestra № 2	
	Ancho	Espesor	Ancho	Espesor
Antes reacond.	9.42	6.53	5.20	3.82
Después reacond.	8.09	5.10	3.16	1.16
Recuperación (%)	1.33	1.43	2.04	2.66

anchos, coincidiendo con lo planteado por Kauman y Mittak (1966).

Duración del secado

En las figuras 3 y 4 es posible notar claramente la diferencia de velocidad de secado entre ambas cargas, lo que se puede explicar por la diferencia significativa entre los contenidos de extraíbles de la madera sometida a secado. Esto incide fuertemente en la velocidad de entrega de agua al medio, de acuerdo a lo expresado por Gunzerodt *et al.* (1986).

Por otra parte, los tiempos totales de secado están relacionados en forma directa con los contenidos de humedad tanto iniciales como finales de las cargas, siendo la diferencia entre ambos contenidos de humedad fundamental en la velocidad de secado. En consecuencia, el efecto tanto del diferente contenido de humedad como de compuestos extraíbles posibilita un secado sensiblemente más rápido en el caso de la muestra N° 2.

Evaluación de la calidad del programa aplicado con pretratamiento

Evaluation of program quality applied to pre-treatment

Defecto de secado	Muestra N° 1	Muestra N° 2
1. Grietas en los extremos	0.69	0.56
2. Grietas en las caras	0.17	0.22
3. Grietas internas	0.07	0.06
4. Acanaladura	0.12	0.11
5. Torcedura	0.29	0.69
6. Arqueadura	0.19	0.17
7. Encorvadura	0.14	0.17
Calidad final de secado	1.52	1.80

La calidad final corresponde, en ambas muestras, a un secado menos que regular. Lo que enmarca al programa de secado como poco adecuado. Respecto a diferencias que se pudieran presentar en el caso de ambas muestras, la calidad final no presenta diferencias estadísticamente significativas a un 5% de error. Por lo que se puede considerar que ambas réplicas entregaron un nivel de calidad similar.

Efectos del pretratamiento en la calidad del secado. Con la aplicación del pretratamiento aumenta

el contenido de humedad inicial promedio de la carga. Esto coincide con lo expresado por Díaz-Vaz y Poblete (1989). También disminuye la densidad básica, contrastando con lo obtenido por Díaz-Vaz y Poblete (1989), y se presenta una notoria disminución en el contenido de compuestos extraíbles. Esto se debe a que la inmersión en agua caliente produce una remoción parcial de estos compuestos.

Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con lo expresado por autores tales como Gunzerodt *et al.* (1986); Haslett y Kininmonth (1986) y Taboada *et al.* (sin fecha).

En el caso de contracción se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas, tanto en contracción en el ancho como espesor de las piezas. Los valores se presentan en el cuadro 13.

CUADRO 13

Contracción promedio con y sin aplicación de pretratamiento (%)

Average Shrinkage with and without pretreatment

	Sin pretrat.		Con pretrat.	
	Ancho	Espesor	Ancho	Espesor
Contracción	6.85	8.05	8.63	5.18
Desviación	3.43	4.30	3.91	3.99

Esto ocurre debido a que las sustancias producto de la duraminización tienden a favorecer la contracción en la madera (Kollmann, 1959). En consecuencia, al aplicar el pretratamiento se produce una remoción y parcial reubicación de estos elementos (Gunzerodt *et al.*, 1986), lo que finalmente incide en las magnitudes de contracción en la madera.

Los resultados obtenidos en este ensayo demuestran que la madera sometida a pretratamiento no evidencia diferencias estadísticamente significativas en la ocurrencia de grietas a un 5% de error.

Sin embargo, se observa un aumento en la ocurrencia de grietas en las caras con la aplicación del pretratamiento. Esto se debe fundamentalmente a una mayor rapidez en el secado.

La alta incidencia de grietas como defecto coincide con lo observado por Kauman Mittak (1966).

En el caso de alabeos tampoco hay diferencias estadísticamente significativas al aplicar el pretra-

tamiento. No se evidencian cambios significativos en la importancia de cada tipo de alabeo. En este caso también la alta participación de alabeos coincide con lo observado por Kauman y Mittak (1966).

En lo que respecta a calidad no hay diferencias estadísticamente significativas. Esto indica que la aplicación del pretratamiento no afecta mayormente la calidad de la madera, coincidiendo con lo expresado por Haslett y Kininmonth (1986), en que señalan que este pretratamiento conlleva un bajo nivel de degradación en la madera.

Al analizar la ocurrencia de colapso, se observan marcadas diferencias desde el punto de vista estadístico. Los resultados muestran una notoria disminución del colapso al aplicar el pretratamiento de inmersión en agua caliente (Cooper y Barham, 1975). Esto se puede apreciar claramente al observar el cuadro 8, en que al aplicar el pretratamiento disminuye tanto la frecuencia de piezas afectadas por colapso como el índice de colapso respectivo.

En lo referente al tiempo de secado se aprecia, claramente, luego de analizar las figuras 1 a 4, que en promedio éste puede ser reducido de una manera muy significativa (aproximadamente un 35%). Esto concuerda con lo expresado por autores tales como Haslett y Kininmonth (1986); Gunzerodt *et al.* (1986), Díaz-Vaz y Poblete (1989), quienes lograron también una reducción significativa en los tiempos de secado.

CONCLUSIONES

De la aplicación del programa de secado y pretratamiento de inmersión en agua caliente se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- Las muestras tratadas con agua caliente incrementaron su humedad luego de la inmersión, en promedio un 5.5% aproximadamente.
- Los compuestos extraíbles presentaron una disminución en promedio del orden de 1.89% en madera pretratada. Se obtuvieron diferencias significativas en la contracción de la madera, tanto en el ancho como en el espesor, al comparar madera con y sin pretratamiento. Al aplicar el pretratamiento la contracción es aproximadamente un 1.78% mayor en el ancho, y en el espesor es aproximadamente un 2.87% menor.
- La calidad de secado al aplicar el programa a madera sin pretratamiento fue menos que regu-

lar. Al aplicar el pretratamiento de inmersión en agua caliente no se obtuvieron variaciones en la calidad. Esto demuestra que el efecto del pretratamiento en la calidad de la madera es muy leve.

- Más que una alta intensidad de defectos se presentó una alta frecuencia de éstos, tanto en madera sin y con pretratamiento.
- Los defectos con un más alto índice en la desclasificación para los dos ensayos fueron: grietas en los extremos en el caso de grietas, y torcedura en el caso de alabeos.
- Al aplicar pretratamiento se logró una disminución en el colapso residual de las piezas. Disminuyéndose la frecuencia de piezas afectadas de sobre un 80% a un 50% aproximadamente. Además se obtuvo una disminución de más de 50% en el índice de colapso.
- Aplicando un reacondicionado con vapor saturado a 100°C se logra una recuperación dimensional bastante apreciable en la madera, aproximadamente en promedio 1.60% en el ancho y 2.44% en el espesor. Al aplicar pretratamiento se logró una reducción sustancial en los tiempos de secado. Estos se pueden reducir a 2/3 del tiempo total de secado, manteniendo la calidad y produciendo una marcada reducción en el colapso residual. Se recomienda, en el caso de futuros estudios en esta especie, aplicar posterior al pretratamiento programas de secado menos drásticos, con el objeto de obtener mejores calidades de secado.

BIBLIOGRAFIA

- ACTAS DE LA REUNION SOBRE INVESTIGACIONES EN PRODUCTOS FORESTALES. 1964. Concepción. Informe Técnico N° 21. 1965. Instituto Forestal, Chile, pp. 136-171.
- BAHAMONDES, R. 1976. *Proposición de un programa de secado artificial para madera de coigüe de Magallanes (Nothofagus betuloides (Mirb.) Oerst.) de hasta 1 1/2" de espesor previa aplicación y análisis de tres programas tentativos.* Tesis, Ing. Forestal, Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile, 112pp.
- BLUHM, E., KAUMAN, W., MELO, R. y NEIRA, M. 1965. *El colapso de la madera y su reacondicionamiento. Ensayos de recuperación de colapso en Eucalyptus globulus (Labill) crecido en Chile.* Informe Técnico N° 22, Instituto Forestal, Santiago, Chile, 21 pp.
- BRAVO, A. 1977. *Comportamiento de Pino Insigne (Pinus radiata (D. Don) bajo 2 condiciones de secado por vapor recalentado.* Tesis, Ing. Forestal, Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile, 59 pp.

- BRYAN, E. 1960. "Collapse and its removal". *Forest Products Journal* 10(11): 598-604.
- COOPER, G. y BARHAM, S. 1975. "Effects of soaking in extractives and prefreezing on the drying behavior on eastern Cottonwood", *Wood Science* 7(4): 267-269.
- DIAZ-VAZ, J.E. y POBLETE, H. 1989. *Pretratamiento de madera para muebles*. Corporación de Fomento de la Producción, Fondo de Desarrollo Productivo - Industria Muebles Fourcade Soc. Ltda. —Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Informe Final, 67 pp.
- ELLWOOD E., ECKLUND, B. y ZARAVIN, E. 1960. "Collapse in wood", *Forest Products Journal* 10(1): 8-21.
- GUERRERO, G. e INZUNZA, L. 1980. *Comportamiento de tablas de Eucalyptus globulus (Labill), crecido en Colcura, sometidas a un programa de secado australiano*. Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile. Serie Técnica, Informe de convenio N° 25, 16 pp.
- GUNZERODT, H., WALKER, J. y WHYBREW, K. 1986. "Compresión rolling and hot-water soaking: Effects on the Drying and tratability of *Nothofagus fusca* heartwood", *New Zealand Journal of Forestry Science* 16(2): 223-36.
- HASLETT, A. y KINIMONTH, J. 1986. "Pretratamientos to hasten the drying of *Nothofagus fusca*", *New Zealand Journal of Forestry Science* 16: 237-46.
- HILDEBRAND, R. 1964. *El secado de la madera aserrada*. Comercial Sagrera S.A., Sabadell, Barcelona, España, 154 pp.
- INSTITUTO FORESTAL, CHILE. 1992. *Estadística forestales 1991*. Boletín Estadístico N° 26. Santiago, 101 pp.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION. 1972. *Madera. Defectos a considerar en la clasificación. Terminología y métodos de medición*. NCh 992 Eof 72.
- INZUNZA, L. 1973. *Determinación de las contracciones de las especies de mayor importancia comercial en Chile*. Instituto de Tecnología de Productos Forestales, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 31 pp.
- KAUMANN, W. y MITTAK, G. 1964. "Problem in Drying Chilean Coigüe (*N. dombeyi*)". *For. Prod. J.* 14 (8): 359-360.
- KAUMAN, W. y MITTAK, G. 1965. Problemas del secado del coigüe. Actas de la reunión sobre Investigaciones en Productos Forestales. Concepción. Informe Técnico N° 21. Instituto Forestal, Chile, pp. 157-166.
- KAUMAN, W. y MITTAK, G. 1966. *Ensayos de secado en coigüe (Nothofagus dombeyi)*. Informe Técnico N° 25. Instituto Forestal, Santiago, Chile, 25 pp.
- KOLLMANN, F. 1959. *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*. Ministerio de Agricultura, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y Servicio de la Madera. Madrid, España, 675 pp.
- MUÑOZ, R. 1972. *Ensayo con tres programas de secado artificial en cinco especies nativas latifoliadas*. Tesis, Ing. Forestal, Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile, 112 pp.
- PEREDO, M. e INZUNZA, L. 1988. *Secado de madera. Curso de capacitación para el personal de industrias Fourcade S.A. Loncoche, Chile, 75 pp.*
- PEREDO, M. 1988. *Anteproyecto de secado de coigüe*. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales-Corporación Chilena de la Madera, X Región, s/p (mimeografiado).
- RAMIREZ, J. 1984. *Comportamiento de Pino Oregón (Pseudotsuga menziesi (Mirb.) Franco) frente al secado artificial*. Tesis, Ing. Forestal, Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile, 87 pp.
- ROSENDE, R. y BLUHM, E. 1966. *Ensayos de secado en coigüe y ulmo en tablas de largo comercial*. Informe Técnico N° 26, Instituto Forestal, Santiago, Chile, 23 pp.
- SALGADO, S. 1974. *Aplicación y análisis de tres programas de secado artificial en madera de lenga (Nothofagus pumilio (Kasser))*. Tesis, Ing. Forestal, Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile, 49 pp.
- TABOADA, V., PAN DE LEIVA, E., GIANNUZZI, G. y BESOLD, G. (s/a). *Tratamiento para mejorar el secado artificial de madera aserrada de Junglans Australis, "Nogal criollo"*. Instituto de Tecnología de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina, 8 pp.