



C.D.O.: 847.2

ANTECEDENTES SOBRE SECADO ARTIFICIAL DE PINO OREGON
(*PSEUDOTSUGA* *MENZIESII*)

Roberto JUACIDA. Javier RAMIREZ y Luis INZUNZA

Instituto de Tecnología e Industrias de la Madera,
Universidad Austral de Chile, Casilla 853, Valdivia

SUMMARY

Two kiln drying programs are used to dry sapwood and heartwood of a one inch in thickness Douglas fir boards. Programs effectiveness and in process defects in terms of final moisture contents are evaluated. Tested wood was selected from 90 dominant and codominant trees in three stands of Las Palmas forest in the Valdivia province, Xth Region, Southern Chile.

Timber was sawmilled at the gang-saw mill of the Forestry Experiment Centre. Tests were conducted at the experimental kiln of the School of Forest Sciences, Universidad Austral de Chile.

Lumber reached the predetermined moisture content and defects appearance was not significant. As far as defects is concerned, this were twisting and at a lesser degree splits in faces and ends.

Final average moisture content was a 14% for conventionally dried lumber and a neighbouring 6% for those dried at high temperature.

Total drying process took 42.5 h and 53.0 h for sapwood and 24.5 h and 30.0 h for heartwood with conventional drying.

As for high temperature drying, rised grain was noted.

RESUMEN

Se aplican dos programas de secado

artificial para secar madera de albura y duramen de Pino oregón de 1" de espesor, evaluando la efectividad de los programas de secado usados en función del contenido de humedad final de la madera obtenido y la cantidad de defectos producidos durante el proceso. Se seleccionaron 90 árboles entre dominantes y codominantes de tres rodales ubicados en el Predio Las Palmas en la Provincia de Valdivia, X Región.

La madera fue aserrada en un aserradero alternativo del Centro Experimental Forestal y los ensayos se efectuaron en un secador experimental de la Facultad de Ciencias Forestales en la Universidad Austral de Chile.

La madera secada alcanzó los niveles de humedad preestablecidos y la cantidad de defectos producidos no fueron significativos. La mayor parte de los defectos encontrados correspondió a alabeo seguido de grietas generadas en las caras y puntas de la madera.

El contenido de humedad final promedio obtenido fue de 14% para las maderas secadas en forma convencional y cercano al 6% para la madera secada con alta temperatura.

La duración total de los procesos fue de 42.5 y 53.0 h para albura y 24,5 y 30,0 h para duramen en madera secada convencionalmente.

Se evidenció el defecto de veta levantada especialmente en el secado de alta temperatura.

1. INTRODUCCION

Entre las especies introducidas en el país se ha fomentado las plantaciones de Pino oregón, que en la actualidad cubren una superficie aproximada de 8.900 há.

Las características tecnológicas, unidas a las variadas posibilidades de uso permiten predecir que esta especie podría acceder a mercados similares a los que llega el Pino insigne. El Pino oregón, en su lugar de origen, es utilizado como madera aserrada en envigados y elementos estructurales, como revestimiento exterior e interior, postes, muebles, construcciones navales y laminados entre otros usos.

Por sus variadas alternativas de empleo es una especie bastante estudiada tecnológica y silvícolamente en los países en que se planta y procesa.

Sin embargo, el crecimiento que muestra esta especie en Chile como consecuencia de una excelente adaptación al hábitat podría hacer que varíen también algunas de las características de la madera y probablemente esto haga necesario producir algunas variaciones en los procesos de manufacturación en relación a los tratamientos que recibe esta especie en sus lugares de origen.

Siendo el secado artificial de Pino oregón muy importante para dar a la madera una buena estabilidad dimensional y adecuado uso se han querido —en este estudio— probar dos programas de secado artificial, aplicados con éxito en países donde se industrializa y procesa esta especie.

Se ha considerado un programa de secado artificial convencional con temperaturas máximas hasta 90°C y otro de alta temperatura con temperaturas hasta 110°C.

2. ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS

Pseudotsuga menziesii es una especie bastante estudiada en relación a su comportamiento frente al secado ya sea convencional como de alta temperatura por varios investigadores: STEVENS (1954), ANDERSON *et al.* (1954), KNAUS y CLARKE (1959), ABNER (1964), KININMONTH y WILLIAMS (1966: 1974), KOSLIK (1967), SUMI y McMILLEN (1979), CAMPBELL (1980), entre otros.

La información obtenida hace referencia a los niveles de temperaturas medias aplicadas a esta especie y las humedades relativas necesarias para alcanzar un contenido de humedad final programado. La calidad y efectividad del tratamiento es analizada también en función de la cantidad y magnitud de defectos que se producen durante el proceso.

2.1 *Secado Convencional*

Los rangos de temperaturas propuestos por diferentes investigadores varían entre 77°C y 90°C para las temperaturas de bulbo seco y entre 60°C y 79°C para el bulbo húmedo. La mayoría entrega valores cercanos a 85°C para el bulbo seco y 65°C para el bulbo húmedo, y, como tiempo de secado se indica valores cercanos a las 70 horas para alcanzar contenido de humedad entre 10-15% para maderas de 25 mm de espesor.

Los defectos más importantes que mencionan corresponden a torcedura, encorvadura y arqueadura. Igualmente señalan las grietas en cara y puntas.

Para reducir el alabeo en general, recomiendan usar pesos de aproximadamente 1.800 kg/m² sobre las cargas que reducen significativamente la encorvadura, la torcedura y encorvadura.

2.2 *Secado de Alta Temperatura*

Los rangos de temperaturas propuestos

están entre 110 y 113°C para la temperatura del bulbo seco y entre 85 y 88°C para el bulbo húmedo. Con estas temperaturas el proceso tiene una duración cercana a las 28 horas, incluyendo un período de calentamiento y otro de enfriamiento para alcanzar un contenido de humedad final entre 8 y 10% para madera de 25 mm de espesor.

El uso de temperatura hace aumentar la intensidad de los defectos que se producen bajo condiciones de secado convencional. Igualmente se produce una coloración más oscura en la superficie como consecuencia de la mayor temperatura.

3. MATERIAL Y METODO

La madera de Pino oregón fue extraída de plantaciones ubicadas en el Predio Las Palmas en la Provincia de Valdivia. Se seleccionaron 90 árboles, entre dominantes y codominantes distribuidos en igual forma de tres rodales de 27 años, con un diámetro promedio de 29,8 cm con una desviación estándar de 2,96 cm. Las trozas fueron aserradas en una máquina alternativa en el Aserradero Vista Alegre. La totalidad de las tablas de albura y duramen se

obtuvo en forma aleatoria. Se aplicó dos procesos de secado, se separó tablas de albura y duramen, cada tratamiento se hizo con 50 tablillas de secado y cada tratamiento se repitió dos veces. En total se secaron 400 tablillas de Pino oregón.

La densidad promedio de la madera sometida a secado fue de 0.48 g/cm³ con una desviación estándar de 0.04, determinada a peso y volumen al 12% de contenido de humedad.

La dimensión de cada tablilla fue de 1" x 4" x 1,10 m, sellada en sus extremos con resina epóxica.

Los ensayos se realizaron en un secador Hildebrandt BH de una capacidad aproximada de 8 pulgadas madereras con vaporizador y calefactores eléctricos de operación automática.

Se aplicó los siguientes programas de:

- *Secado artificial convencional*

En consideración al espesor de 1" de la madera a secar y por la información de menor defectuosidad encontrada se seleccionó un programa diseñado por el Laboratorio de Productos Forestales de Inglaterra cuyas características se presentan en el Cuadro N° 1.

Cuadro 1. Características del programa de secado artificial convencional seleccionado.
Characteristics of the conventional selected kiln drying program.

C.H. (°/o) de la muestra más húmeda	Temperaturas	
	Bulbo seco °C	Bulbo húmedo °C
Verde	70	65,0
50	75	67,0
30	80	68,5
20	90	69,0

Para su uso se aplicaron los siguientes criterios técnicos:

1. El tiempo de calentamiento se estimó en base a la siguiente regla empírica para coníferas de: 2 h + 1/4 hora por cada 10 mm de espesor de la madera (HILDEBRANDT, 1964).

2. Los cambios en las condiciones de secado en cada etapa, se ejecutaron cuando aquella tablilla de prueba de mayor contenido de humedad, logró el valor especificado en el programa, calificado como contenido de la muestra más húmeda.

— *Secado artificial de alta temperatura*

Por las características de la madera de *P. menziesii* que crece en Chile y los antecedentes entregados por la bibliografía, se eligió el programa de secado elaborado

por SUMI y McMILLEN (1979) en el Laboratorio de Productos Forestales, USA; cuyas características técnicas se presentan en el Cuadro N° 2.

Cuadro 2. Características del programa de secado artificial de alta temperatura seleccionado.
Characteristics of the high temperature selected kiln drying program.

Tiempo	Temperaturas		Observaciones
	Bulbo seco °C	Bulbo húmedo °C	
3,00			Calentamiento.
8,00	110.0	87,8	Secado.
11,00	110.0		Secado. Sin inyección de vapor, ventilas cerradas.
0,75			Enfriamiento.
3,00	98.0	87,8	Equilibrio I.
0,75			Enfriamiento.
3,00	90.6	85,6	Equilibrio II.

Durante el período de secado se consideran etapas de enfriamiento y equilibrio, que posibilitan un secado armónico disminuyendo la diferencia de tensiones internas y externas que generan defectos.

Los controles realizados previos al proceso en todas las tablillas fueron: contenido de humedad, determinación de contracción, contenido de humedad final y visualización de defectos. Se controló durante el proceso el contenido de humedad y tensiones en cada etapa de secado. Los controles posteriores en la totalidad de las tablillas fueron: contenido de humedad final, tensiones, contracciones y defectos.

Todos estos controles se efectuaron para el secado convencional, mientras que, bajo condiciones de alta temperatura sólo se realizaron controles previos y posteriores.

Para evaluar la calidad del secado se observó entre otras, la cantidad de grietas y su localización en caras y/o puntas de las maderas ensayadas. De acuerdo a su intensidad se las clasificó como leves, leve-intenso, e intensas, asignándole coeficientes progresivos de ponderación.

Igual procedimiento se cumplió para la cuantificación del alabeo, considerando bajo este defecto la acanaladura, arqueadura, encorvadura y torcedura.

El número total de piezas defectuosas (número de observaciones) por el coeficiente de ponderación (0,5 para el nivel de defecto leve, 1,0 para el de leve-intenso; 1,5 para el de intenso) entregó el valor ponderado, el que en su valor total y dividido por el número total de muestras estudiadas (n= 200) entregó el índice de defectos (I).

En la calificación de este índice hasta un valor de 1,5 se consideró como un secado aceptable y adecuado y desde 1,6 se lo encontró como un secado ya defectuoso e inadecuado.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 *Secado Convencional*

4.1.1 *Contenido de Humedad inicial y final de la madera.*

Los contenidos de humedad iniciales entre albura y duramen presentaron una

clara diferencia; las tablillas de albura un promedio de 116,5%, en tanto que las de duramen un 52,5%. La madera de duramen mostró un contenido de humedad inicial con características de mayor homogeneidad que la madera de albura.

En relación a los CH obtenidos, los promedios son muy similares, lográndose en

tablillas de albura un 14,3%, y en tablillas de duramen un 13,7%, siendo un 12% el contenido de humedad final programado.

En la siguiente figura se aprecia la distribución de los contenidos de humedad finales obtenidos luego del proceso de secado convencional, para albura y duramen.

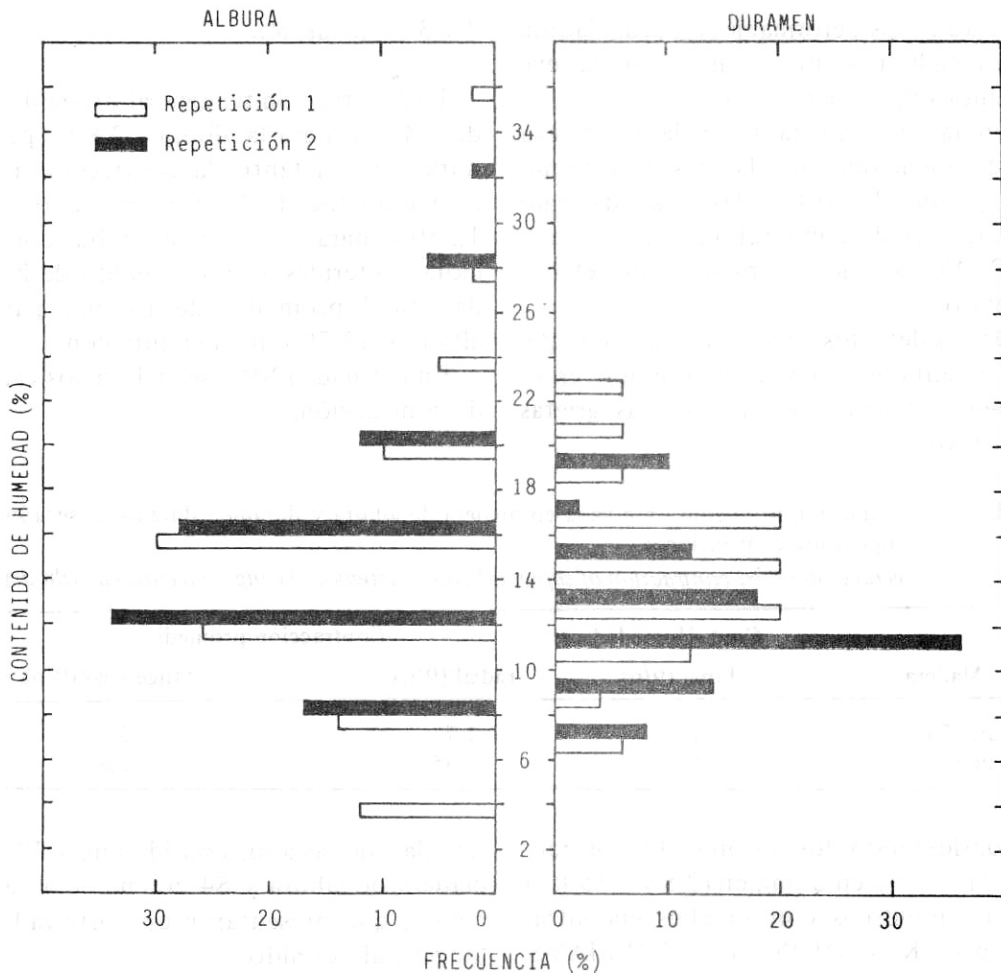


Fig. 1. Distribución del contenido de humedad final de madera de albura y duramen
Final humidity contents distribution for sapwood and heartwood.

4.1.2 Grietas y alabeo

De 200 tablillas ensayadas, un 34% presentó agrietamiento, siendo más frecuente éste, sobre las caras de las tablillas, afectando en un 26,5% a tablillas de

albura y un 7,5% a tablillas de duramen.

El Pino oregón no mostró tendencia al colapso, ya sea con temperaturas convencionales o altas temperaturas de secado. Sin embargo, muestra evidencias de veta levantada, defecto que se presenta princi-

palmente en tablillas de albura (21°/o) y corte floreado.

De las deformaciones consideradas como alabeo, aquella que se presentó con mayor frecuencia e intensidad fue la encorvadura, afectando en un 17,5°/o a tablillas de albura y en un 12,5°/o a tablillas de duramen.

La torcedura se presentó en un nivel de leve-intenso en duramen, y leve en albura. El resto de las deformaciones, acanaladura y arqueadura, se presentan en forma leve en ambos tipos de madera.

Un factor importante en la ocurrencia de deformaciones fue la presencia de nudos, ya que de 20 tablillas ensayadas bajo condiciones de temperatura convencional, un 24o/o exhibió deformación por efecto de nudos.

De los defectos considerados, aquel que se presenta en mayor proporción es el alabeo (69,8°/o), seguido de las grietas (3 1,2o/o).

Dentro del alabeo, la mayor incidencia la tuvo la encorvadura (53,2°/o), y en orden decreciente la torcedura (27,2°/o) y arqueadura (12,7°/o).

El agrietamiento fue más frecuente e intenso en las caras radiales y tangenciales de las piezas de madera (98°/o) y en forma muy reducida en las caras longitudinales.

4.1.3 Contracción

La contracción tangencial promedio fue de 3,45°/o para la albura y 2,8°/o para el duramen. En tanto, la contracción radial promedio fue de 1,7°/o para la albura y 1,35°/o para el duramen, ambas contracciones referidas a un contenido de humedad final promedio de 14,3°/o para la albura y 13,7°/o para el duramen.

En el Cuadro N° 3 se incluye los valores de contracción.

Cuadro 3. Contracción promedio observada en madera de albura y duramen durante el secado con temperatura convencional.

Average observed contraction of sapwood and heartwood during conventional kiln drying.

Madera	Cont. Humedad		Contracción promedio	
	Final (°/0)	radial (°/o)	tangencial (°/o)	
Albura (x)	14,3	1,7	3,45	
Duramen (x)	13,7	1,35	2,8	

Considerando los valores de contracción promedio en duramen (2,8 y 1,35°/o) y comparándolos con aquellos encontrados por KININMONTH y WILLIAMS (1966) en *Pseudotsuga menziesii* (3,9 y 2,5°/o) para un contenido de humedad final de 13°/o, aparecen estos de menor valor absoluto.

Igualmente la albura presenta una mayor contracción que el duramen, lo que coincidiría con resultados obtenidos por PECK (1957) y TIEMANN (1951) para esta especie.

Estos valores fueron obtenidos de 200

tablillas de secado, considerando 78 con madera de albura y 84 con madera de duramen, que presentaron un corte radial o tangencial definido.

4.1.4 Calidad del secado

La calidad de la madera sometida a condiciones de temperatura convencional, medida en base a la media estadística total de los defectos considerados, tuvo un valor de I=1,21, lo que significa que el secado fue adecuado.

Cuadro 4. Cuantificación de grietas producidas en el secado convencional.
Splits counting after conventional kiln drying.

Nivel de Clasificación	Grietas		Total x factor=
	Caras (N° de observaciones n=200)	Puntas	
Sin defecto	133	199	
Defecto leve	17	—	17 x 0,5 = 85
Defecto leve-intenso	23	—	23 x 1,0 = 23
Defecto intenso	27	1	28 x 1,5 = 42

- = Sin observación

$$I = 73,5/200 = 0,367$$

Cuadro 5. Cuantificación del alabeo producido en el secado convencional.
Twisting detection after conventional kiln drying.

Nivel de Clasificación	Alabeo				Total-factor
	Acanaladura	Arqueadura	Encorvadura	Torcedura	
Sin defecto	177	157	140	146	
Defecto leve	23	43	—	16	82x0,5 = 41
Defecto leve-intenso	—	—	—	38	38 x 1,0 = 38
Defecto intenso	—	—	60	—	60 x 1,5 = 73,5

Sin observación

$$I = 169,5/200 = 0,845$$

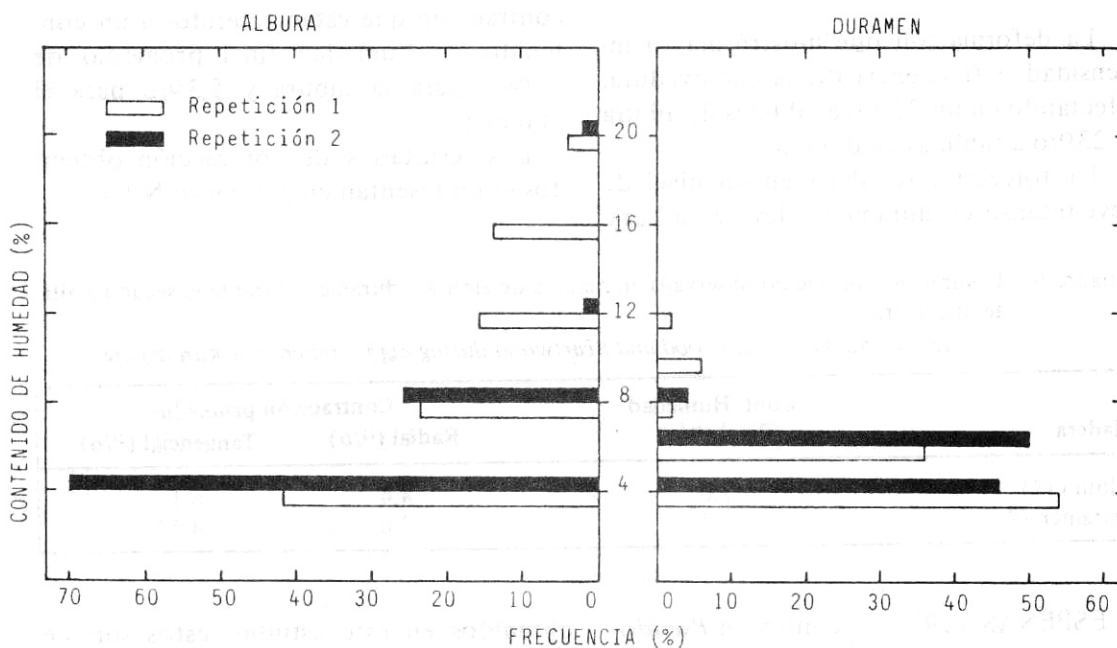


Fig. 2. Distribución del contenido de humedad final de la madera de albura y duramen secada con alta temperatura.

Final humidity contents distribution of sapwood and heartwood after high temperature kiln drying.

4.2 Secado Alta Temperatura

4.2.1 *Contenido de Humedad inicial y final de la madera.*

Los valores de contenido de humedad inicial, de ambos tipos de madera, fueron de 116,5°/o y 5 1,2°/o en promedio, para madera de albura y duramen respectivamente.

Respecto a los valores de contenido de humedad final, éstos muestran promedios diferentes, siendo un 7,0°/o para tablillas de albura y 5,3°/o para tablillas de duramen, siendo un 8°/o el contenido de humedad final programado.

Comparando estos valores, con aquellos obtenidos bajo condiciones de temperatura convencional, en general, a medida que mayores son las temperaturas de secado, dependiendo del programa usado, menor es el contenido de humedad final de la madera.

4.2.2 *Alabeo y grietas*

La deformación que mostró mayor intensidad y frecuencia fue la encorvadura, afectando en un 22°/o a tablillas de albura y 23°/o a tablillas de duramen.

La torcedura se ubica en un nivel de leve-intenso en duramen y leve en albura.

La acanaladura y arqueadura, se presentan en forma leve en ambos tipos de madera. Del total de tablillas un 15°/o presenta deformación por efecto de nudos.

Del total de tablillas ensayadas, un 47o/o fue afectada por grietas. De este porcentaje 28,5°/0 se produjo en albura y 18,5°/o en duramen. Este defecto fue más frecuente en las caras, y en menor proporción en los extremos e interior. La condición de alta temperatura intensificó el agrietamiento.

El defecto de veta levantada, se presentó principalmente en tablillas de albura (23°/o), y sólo un 3°/o en tablillas de duramen, evidenciándose en mayor proporción en el corte floreado.

4.2.3 *Contracción*

La contracción tangencial promedio fue de 6,1°/o para la albura y 4,55°/o para el duramen. Por otra parte, la contracción radial promedio fue de 4,4o/o para la albura y 3,0°/o para el duramen, valores de contracción que están referidos a un contenido de humedad final promedio de 7,0°/o para la albura y 5,3°/o para el duramen.

Los resultados de contracción obtenidos se representan en el Cuadro N° 6.

Cuadro 6. Contracción promedio observada en madera de albura y duramen, durante el secado a alta temperatura.

Average contraction in sapwood and heartwood during high temperature kiln drying.

Madera	Cont. Humedad Final (°/o)	Contracción promedio	
		Radial (°/o)	Tangencial (°/o)
Albura (x)	7,0	4,4	6,1
Duramen (%)	5,3	3,0	4,55

ESPENAS (1971) encontró en *Pseudotsuga menziesii*, para un contenido de humedad final de 6°/o. una contracción tangencial de 7,5°/o y radial de 5,1°/o. Comparando dichos valores con aquellos

obtenidos en este estudio, estos son de menor valor absoluto, en albura como duramen.

El cálculo de la contracción por humedades finales se obtuvo, seleccionando 82

tablillas con madera de albura y 81 con duramen que mostraron corte radial o tangencial definido.

4.2.4 Calidad del Secado

La calidad final de la madera, presentó una media estadística total de $I=1,42$, lo

que corresponde a un secado adecuado.

La mayor proporción de defectos correspondió a alabeo (67,9%), y en menor proporción a grietas (32,1%).

Dentro del alabeo, la mayor ocurrencia la presentó la encorvadura (68,9%), y en forma decreciente la arqueadura (17,8%) y la torcedura (7,2%).

Cuadro 7. Cuantificación de grietas producidas con secado de alta temperatura.

Splits counting after high temperature kiln drying.

Nivel de Clasificación	Caras	Grietas		total x factor =
		Puntas (N° de observaciones n=200)	Interiores	
Sin defecto	126	186	194	
Defecto leve	24	6	3	33 x 0,5 = 16,5
Defecto leve-intenso	25	5	1	31 x 1,0 = 31,0
Defecto intenso	25	3	2	30 x 1,5 = 45,0

$$I = 92,5/200 = 0,462$$

Cuadro 8. Cuantificación del alabeo producido con secado de alta temperatura.

Twisting detection after high temperature kiln drying.

Nivel de Clasificación	Acanaladura	Alabeo			total - factor
		Arqueadura (N° observaciones n=200)	Encorvadura	Torcedura	
Sin defecto	181	131	110	179	
Defecto leve	19	69	—	14	102x0,5 = 51
Defecto leve-intenso	—	—	—	7	7 x 1,0 = 7
Defecto intenso	—	—	90	—	90 x 1,5 = 135

— = Sin observación

$$I = 193/200 = 0,965$$

La mayor cantidad de grietas se generaron en las caras radiales y tangenciales de las tablillas (80,5%), y en menor proporción en las caras longitudinales y en el interior de la madera.

5. CONCLUSIONES

5.1 Secado Convencional

—El secado fue de calidad adecuada.

—La mayor proporción de defectos correspondió al alabeo, seguido de las grietas.

Dentro del alabeo, la mayor proporción correspondió a la encorvadura, en forma decreciente a la torcedura y arqueadura. La mayor cantidad de grietas se generaron en las caras y en una mínima proporción en los extremos.

—Se propuso un contenido de humedad final de 12% y se alcanzó en el tratamiento un 14% en promedio, entre albura y duramen.

—La duración del programa de secado fue de 42,5 y 53,0 h para la albura y, 22,4

y 30.0 h en el duramen, para cada una de las respectivas repeticiones.

—El defecto de veta levantada se evidencia en tablillas de albura y principalmente en el corte floreado.

5.2 *Secado Alta Temperatura*

—El secado fue de calidad adecuada.

-La mayor participación de defecto correspondió al alabeo, seguido de las grietas. Dentro del alabeo, la mayor proporción la tuvo la encorvadura, y en forma decreciente la arqueadura y torcedura. La mayor cantidad de grietas se originaron en las superficies radiales y tangenciales, y en menor proporción en las superficies longitudinales e interior de la madera.

—Se obtuvo un contenido de humedad final de 6,2°/o en promedio, entre ambos tipos de madera.

-El defecto de veta levantada, se presentó en tablillas de albura y principalmente en corte floreado.

Al analizar la relación de defectos y contenido de humedad final obtenida, especialmente en el secado tradicional se observa que aproximadamente un 50°/o de las tablas no llegaron a un 15°/o en

tanto que un 20°/o de ellas llegaron a un 8°/o de contenido de humedad. Este último grupo sin duda influyó directamente en los índices de participación de los diferentes defectos. Esta variación, de obviarse, sin duda mejoraría la condición de secado.

La causa de esta variación debe suponerse en algunas variaciones detectadas en la velocidad de circulación del secador experimental empleado.

En igual forma en el secado de alta temperatura cuyo programa se ajustó a tiempos pre-establecidos se llegó en la madera a contenidos de humedad final excesivamente bajos, lo que también aumentó la incidencia de defectos.

Por otra parte los resultados obtenidos en los distintos ensayos muestran que la madera de Pino oregón que crece en el sur presenta un grado de variabilidad acentuado lo que hace lógicamente que estos resultados deban ser considerados como primeros antecedentes en el ámbito del secado artificial.

En consideración a estas observaciones sería conveniente seguir mediante otros estudios ajustando estas variables, de manera que se alcance un mejor éxito en el secado artificial del Pino oregón.

REFERENCIAS

- ABNER. T. 1964. Dry west coast Hemlock and Douglas-Fir 1-1/2" — ich dimension to the new moisture content specification with a minimum amount of degrade. Proceedings, 16th Annual Meeting. Western Dry Kiln Clubs, Washington - Idaho - Montana Seasoning Club, Coeur d'Alene, Idaho. 11 p.
- ANDERSON, B.; KNAUSS, A y FRASHOUR, R. 1954. Seasoning and machining degrade in young-growth Douglas-Fir dimension Lumber. Oregon Forest Products Lab. Report N° D-1. 15 p.
- CAMPBELL. G. 1980. Index of Kiln Drying Schedules for Timbers Dried in Australia. Division of Building Research, CSIRO, 26 p.
- ESPENAS, L. 1971. Shrinkage. of Douglas Fir, Western Hemlock, and Red Alder as Affected by Drying Conditions. For. Res. Lab., Ore. State Univ. Corvallis. Rep. D-12. 12 p.
- FOREST PRODUCTS RESEARCH LABORATORY. 1974. Kiln drying Schedules. Technical Note N° 37. Princes Risborough Laboratory. 18 p.
- HILDEBRANDT. R. 1964. El secado de la madera aserrada. Comercial Sagrera. S.A. Barcelona. España. 154 p.

- KININMONTH, J.; WILLIAMS, D. 1966. The Kiln-Drying of 1 in. Douglas-fir. N.Z. For Serv. Prod. Report 176 (in published).
- KININMONTH, J.; WILLIAMS, D. 1974. Kiln Schedules for New Zealand Timbers. Forest Research Institute. New Zealand For. Serv. 16 p.
- KNAUSS, A.; CLARKE, E. 1959. Seasoning and Surfacing Degrade in Kiln-Drying Douglas-Fir in Western Oregon. U.S. Department of Agriculture. For. Serv. Research Note N° 173. Portland, Oregon, 13 p.
- KOZLIK, C. 1967. High-Temperature Drying of Douglas Fir Dimension Lumber. For. Res. Lab., State Univ. Inform. Circ. N° 22 Corvallis, Oreg. 32 p.
- PECK, E. 1957. How wood shrinks and swells. For. Prod. Jour. 7(7): 235-244.
- STEVENS, M.; MECH, A., PRATT, G. 1954. Seasoning wood at high temperatures. Timber Technology and Machine Wood-working. 62(12): 599-602.
- SUMI, H.; McMILLEN, J. 1979. High-Temperature Drying of Douglas-fir Dimension Lumber. For. Prod. Journal 29(1) 25-33.
- TIEMANN, H. 1951. Wood Technology. 3rd Ed. Pitman Publishing, N.Y. pp. 345-351.

Recibido: 28-11-1986.