

34899



TECNOLOGIA PARA EL SECADO DE MADERAS DE

ESPECIES NATIVAS E IMPLANTADAS

ETAPA Nº 3 : SALICACEAS

INFORME PARCIAL : POPULUS X EUROAMERICANA CV I 214.
POPULUS X EUROAMERICANA CV CONTI 12.
POPULUS NIGRA CV ITALICA.
POPULUS ALBA VAR BOLLEANA.

Producido por: María Elena ATENCIA de SERRATTO - Ingeniera Forestal.

D.H. 1225
A31
/

C I T E M A - CENTRO DE INVESTIGACION TECNOLOGICA DE LA MADERA Y AFINES DEL
SISTEMA DE CENTROS DEL INTI - INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL.

Buenos Aires, 22 de Marzo de 1989.-

CITEMA

Centro de Investigación
Tecnológica de la Madera
y Afines

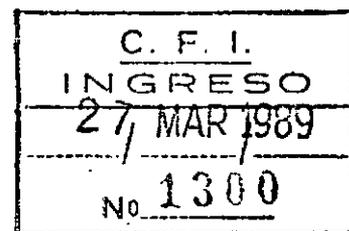
del Sistema INTI
Instituto Nacional
de Tecnología Industrial



Centro Forestal Castelar
Juana Manuela Gorriti 3520
1686-Hurlingham
Dirección postal:
Casilla de Correo 42
1708-Morón
Provincia de Buenos Aires
República Argentina
Tel.665-3362/0068

Hurlingham, 22 de Marzo de 1989.-

Señor
Secretario General del
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
Ing. Juan José CIACERA
S _____ / _____ D



De mi mayor consideración:

Me dirijo a Ud. a los efectos de hacerle llegar un original y tres copias del informe parcial referido a la tarea "Tecnología para el secado de madera de especies nativas e implantadas" - Etapa 3 Salicáceas. De acuerdo a lo convenido en el convenio existente entre el Consejo Federal de Inversiones y el CITEMA.

Sin otro particular lo saludo muy atentamente.-


GRACIELA H. RAMIREZ
INGENIERA QUIMICA
SUBROGANTE
C I T E M A



INDICE:

	Página
1.- Resumen	1
2.- Generalidades y antecedentes	1
2.1.- Clasificación por calidad	1
2.2.- Experiencias de secado	2
2.3.- Pautas de secado de otros países	4
3.- Calculo teórico de tiempo de secado	5
4.- Metodología	6
5.- Equipos	7
6.- Populus	8
6.1.- Populus x euroamericana cv I 214 - Populus x euroamericana cv Conti 12	8
6.1.1.- Programa de secado	8
6.1.2.- Tiempo de secado	8
6.1.3.- Resultados obtenidos	8
6.2.- Populus nigra cv italica	11
6.2.1.- Programa de secado	11
6.2.2.- Tiempo de secado	12
6.2.3.- Resultados obtenidos	12
6.3.- Populus alba var bolleana	14
6.3.1.- Programa de secado	15
6.3.2.- Tiempo de secado	15
6.3.3.- Resultados obtenidos	15
7.- Conclusiones y Recomendaciones	17
8.- Bibliografía	20
9.- Glosario de abreviaturas	21

1.- RESUMEN:

La presente experiencia tiene por objeto la búsqueda de antecedentes bibliográficos, pautas de secado y el ajuste de ser necesario de los programas de secado existentes para las especies a tratar.

Este informe de la Etapa N° 3 denominado Populus, se refiere a las siguientes especies: Populus nigra cv. italica (Alamo criollo).

Populus x euroamericano cv. I 214 (Alamo I 214).

Populus x euroamericano cv. Conti 12 (Alamo Conti 12).

Populus alba var. bolleana (Alamo boellana).

2.- GENERALIDADES Y ANTECEDENTES:

El género Populus se halla presente en distintas regiones de nuestro país en forma de plantaciones macizas cuya producción no ha podido competir hasta la fecha con otras especies que constituyen la mayoría de los bosques, especialmente para satisfacer las necesidades de maderas utilizadas en la construcción, que sería el rubro que aportaría mayor valor agregado a este producto. Por el momento el mayor volumen de madera de Alamo se utiliza para pasta mecánica y cajonería lo que fomenta la plantación de la misma.

Si se considera la posibilidad de que además de mejorar genéticamente la especie y crear cultivares con altas producciones, resistentes a diversas enfermedades, se le otorgue por diversos tratamientos tecnológicos cualidades aceptables para otros usos, el mercado de la mencionada especie se podrá tornar más interesante y que justifique los esfuerzos dirigidos al incremento de plantaciones para otros usos, que no sea el de producción de pasta.

Dentro de los tratamientos tecnológicos que se hace mención se encuentra en una primera etapa la del secado del material que nos atañe.

El secado de la madera de Alamo se realiza en forma bastante rápida, aún cuando en el momento de aserrado y antes de secar el contenido de humedad sea muy elevado. Esto se debe a que los tejidos leñosos del Alamo pierden bastante rápidamente su contenido de agua y también al espesor reducido del aserrado que se realiza en los procesos de elaboración.

2.1.- Clasificación por calidad:

Dada la gran variabilidad de las características tecnológicas del género, e incluso de cada individuo, los datos de que se dispone son insuficientes como para realizar una clasificación adecuada de la madera de Alamo con vista a sus diversas utilidades.

Existen varios esbozos de clasificación de madera de Alamo según destino, una de ellas efectuada después del secado a fin de tener en cuenta deformaciones importantes y grietas. Así se clasifican en Francia según datos tomados de la bibliografía "Los Alamos y Los Sauces" de la FAO (pág.271).

I.- Selecta: maderas dulces y sanas, limpias de todo defecto (salvo tolerancia de un nudo pequeño, sano y adherente de diámetro inferior a 15 mm. por metro lineal, sobre un máximo del 20% de piezas y tolerancia de rajaduras de secado).

///...

///...

II.- Madera buena: maderas dulces o semi-tiernas, sanas; nudos sanos, adherentes y con posibilidades de cepillado admitido hasta 30 mm de diámetro, a razón de un nudo por metro lineal (o dos nudos de 15 mm), madera exenta de agujeros de ratón y de rajaduras, salvo de secado.

Existe una clasificación "selecta y madera buena", que engloba estas dos calidades tal como vienen.

III.- Embalaje: maderas aserradas sanas, dulces o semi-tiernas, excluidas las clasificaciones precedentes y maderas aserradas con repelo, con exclusión de piezas que presenten grandes nudos negros o de corazón abierto o rajaduras anormales.

IV.- Embalaje inferior: comprende todas las aserradas que no pueden admitirse en las clasificaciones precedentes, con exclusión de maderas podridas o quebradas.

En Bélgica (Hassett) se clasifica la madera aserrada previamente al secado en tres categorías ("Los Alamos y Los Sauces" FAO, pág. 271-274).

Primera: dos lados y una cara sin nudo ni madera "sûr" (superficie con repelo correspondiente probablemente a madera de tracción).

Segunda: con algunos nudos pequeños.

Tercera: nudos y madera "sûrs".

Luego del secado se vuelve a efectuar otra clasificación para repartir los productos en cinco (5) calidades:

- 1º y 2º : Muebles.
- 3º y 4º : Embalaje y cajerío.
- 5º : minas de carbón.

La clasificación de tres categorías es suficiente pudiendo preverse especificaciones para usos especiales en cada una de estas categorías.

Estas clasificaciones (Francesa y Belga) se tomaron para evaluar el material antes de secar y luego del proceso en cada una de las especies ensayadas (P. nigra cv. italica; P. nigra híbrido Conti 12; P. nigra híbrido CI 214 y P. nigra híbrido bolleana).

2.2.- Experiencias de secado:

Es importante resaltar algunos antecedentes respecto al secado de la madera de Alamo en otros países, como por ejemplo que el secado natural es un método habitual y muy difundido. En estas condiciones y ya aserradas las maderas de 27 mm de espesor y saturada de agua se apilan sobre listones de 25 - 30 mm de espesor, descendiendo hasta un 20 % de contenido de humedad en menos de 4 (cuatro) meses en el norte de Europa occidental y reduciéndose a un mes en verano en regiones meridionales también de Europa.

///...



///...

Ensayos realizados en Francia demuestran que el tiempo de secado al aire no es muy largo como se piensa habitualmente. Las reglas empíricas que se tienen en cuenta, para obtener madera seca al aire, un año por centímetro de espesor para las maderas duras y seis meses para las maderas blandas, son por consiguiente erróneas.

En general, los mejores resultados, tanto en duración como en calidad son obtenidos cuando a las maderas blandas se las apila para el secado al aire en primavera o al inicio del verano.

La tabla abajo detallada demuestra lo expuesto anteriormente.

Tiempo de secado de Alamos. (en París-Francia).

Espesor	Humedad (%)		Mes de apilado	Duración del secado en semanas
	Inicial	Final		
27 mm	160	15	Mediados de Marzo	7
	120	15	Julio	4,5
50 mm	120	15	Inicios de Marzo	14

La madera secada al aire en general se deforma un poco menos. Las grietas y rajaduras de secado se producen muy superficialmente. En correspondencia los riesgos de alteraciones biológicas son importantes. Es por ello necesario asegurar una ventilación correcta de las pilas.

En fin, el secado natural y el secado artificial pueden en algunos casos estar combinados. En algunos tipos de madera esta combinación exige una buena organización para evitar el estibado y el desestibado sucesivo.

Para el caso del Alamo se debe promover el secado artificial sin, por lo tanto, ignorar el secado natural o presecado, que durante muchos años fue y sigue siendo la forma más común de secado en el país.

En regiones montañosas de Bélgica, Suiza y Alemania se utiliza el secado artificial que debe realizarse con mucho cuidado para limitar las deformaciones y rajaduras y evitar coloraciones pardas e incluso el fenómeno de colapso.

///...

///...

El secado artificial a altas temperaturas (más de 100°C) no ha dado en general buenos resultados debido a la aparición de colapso y rajaduras, sin embargo en el C.T.B. (Centre Technique du Bois de París) se han secado tablas de I 214 en 27 mm de espesor, de 106% a 75% de humedad, en 48hs. sin problema alguno. Este es un método que debería ser tenido en cuenta para investigaciones futuras.

2.3.- Pautas de secado en otros países:

Consultada bibliografía de otros países, se encontraron las pautas de secado que a continuación se detallan:

- a) Fuente: Forest Products Laboratory de Princes Risborough. Inglaterra. Modificada por el laboratorio de física del Centre Technique de Bois (C.T.B.). Tabla N° 6.

Humedad de la madera (%)	Temperaturas °C		Humedad relativa (%)
	Tbs	Tbh	
Verde	48,5	44	75
60	48,5	43	70
40	51,5	43	60
30	54,5	43	50
25	60,0	46	45
20	68,0	51	40
15	76,5	58	40

- b) Fuente: Forest Products Research Laboratory Leaflet N° 42. EE.UU - Programa E.

Humedad de la madera (%)	Temperatura °C		Humedad relativa (%)
	Tbs	Tbh	
Verde	48,5	46	85
60	48,5	45	80
40	51,5	46,5	75
30	54,5	47	65
25	60,0	49	55
20	68,0	53	45
15	76,5	58	40

///...

///...

- c) Fuente: Canadian Forestry Service - Western Forest Products Laboratory - Vancouver - British Columbia.

Humedad de la madera (%)	Temperaturas (°C)	
	Tbs	Tbh
Over 40	57	54
40	60	54
30	66	57
25	74	46
Condition	74	69

Humedad de la madera (%)	Temperaturas (°C)	
	Tbs	Tbh
60-40	62	57
40-35	64	58
35-30	66	60
30-25	69	63
25-20	71	64
20-15	75	66
15-10	79	69

3.- CALCULO DE TIEMPO TEORICO DE SECADO, SEGUN FORMULA DE BRAUNSHIRN PARA UNA PULGADA DE ESPESOR.

Para la determinación del tiempo teórico de secado existen varios métodos entre los que seleccionamos por su sencillez el método de Braunschirn, que utiliza distintos coeficientes para obtener el valor "e", que relacionado con la diferencia entre humedad inicial y final da como resultado las horas de secado necesarias.

H° de la madera	"e"	DH	DH/"e"	Horas de secado
150-69	$e_1 = 0,8 \times 2 \times 1 \times 0,8 \times 1$	81	81/1,280	63,28
70-51	$e_2 = 0,8 \times 2 \times 1 \times 0,8 \times 1$	20	20/1,280	15,63
50-41	$e_3 = 0,8 \times 2 \times 1 \times 0,8 \times 1$	10	10/1,280	7,81
40-31	$e_4 = 0,8 \times 1,7 \times 1 \times 0,8 \times 1$	10	10/1,088	9,19
30-21	$e_5 = 0,8 \times 1,1 \times 1 \times 0,8 \times 1$	10	10/0,704	14,20
20-15	$e_6 = 0,8 \times 0,9 \times 1 \times 0,8 \times 1$	6	6/0,576	10,42
15-10	$e_7 = 0,8 \times 0,6 \times 1 \times 0,8 \times 1$	6	6/0,384	15,62

///...

Tiempo teórico total calculado en etapa de secado propiamente dicho (Período N° 2) = 136,15 horas.

Con 150 % de contenido inicial de humedad de la madera, el tiempo para la igualación (Período N° 1) se estima en = 2 horas.

Para el período de estabilización (Período N° 3) se estima en = 4 horas.

En resumen, el tiempo teórico total de secado para Alamo de 1" de espesor y 150 % de humedad inicial es:

Período N° 1	2,00 horas
Período N° 2	136,15 horas
Período N° 3	4,00 horas

142,15 horas

4.- METODOLOGIA.

Como para las especies en cuestión (género Populus) los programas de secado desarrollados no difieren mucho entre sí, se realizaron tres repeticiones, utilizando las pautas de secado de la siguiente manera:

1ª Repetición: Forest Products Laboratory de Princes Risborough - Inglaterra. Modificada por el Laboratorio de física del C.T.B. Tabla N° 6 y del Forest Products Research Laboratory Leaflet N° 42. Programa E de Estados Unidos.

Especies tratadas como especies principales: Populus x euroamericana cv Conti 12 y cv I 214, y como especies secundarias: Populus nigra cv italica y Populus alba var bolleana.

2ª Repetición: Canadian Forestry Service - Western Forest Products Laboratory-Vancouver - British Columbia.

Especies tratadas como especie principal: Populus nigra cv italica y como especies secundarias: Populus x euroamericana cv Conti 12 y cv I 214 y Populus alba var Bolleana.

3ª Repetición: Canadian Forestry Service - Western Forest Products Laboratory-Vancouver - British Columbia.

Especies tratadas como especie principal: Populus alba var bolleana y como especies secundarias: Populus x euroamericana cv Conti 12 y cv I 214 y Populus nigra cv italica.

///...

///...

En todos los casos, previamente al secado de la madera se realizó un análisis de defectos y calidad, de manera de poder comparar con los resultados obtenidos al final del proceso de secado. También se midieron grietas y rajaduras. En cada una de las repeticiones se respetaron los tres períodos definidos para el sistema de secado por aire caliente y húmedo.

Período N° 1: Preparatorio; donde se realiza el calentamiento e igualación del contenido de humedad de todo el lote de madera y la puesta en régimen del secadero, para llevar el conjunto madera-secadero lo más rápido posible a la temperatura de iniciación del proceso de secado propiamente dicho.

Período N° 2: Secado propiamente dicho; donde se pone en funcionamiento la norma o pauta de secado, cuyo principio se basa en que para cada cambio en el contenido de humedad de la madera, se modifiquen las condiciones del aire circulante dentro de la cámara.

Período N° 3: Equilibrio y Estabilización; donde una vez obtenido el porcentaje de humedad deseado, se procede a equilibrar ese contenido de humedad en toda la carga, con el objeto de que la madera tratada se encuentre en mejores condiciones de uso, ya que se eliminan los gradientes de humedad que pudieran existir en todo lo ancho de las piezas secadas y por ende se eliminan las tensiones internas.

El desarrollo de cada una de las repeticiones se realizó en forma discontinua, es decir que el secado se efectuó en intervalos de 6-8 horas por día y manteniendo los registros cerrados durante los fines de semana. Para la determinación del contenido de humedad se utilizó la norma IRAM 9532.

En el final del proceso de secado para corroborar el gradiente de humedad y la existencia de tensiones internas, se realizaron probetas estratificadas y tenedores. El cálculo de tiempo teórico de secado se efectuó por el método de Braunshirn, como se consigna en el punto 3.

3.- EQUIPOS.

Los equipos utilizados en la experiencia fueron:

- Un secadero piloto con capacidad real de carga de 2 m³, provisto de controladores neumáticos marca TAYLOR con sistema de control proporcional.
- Una caldera para calefaccionamiento y provisión de vapor marca MADISON, humotubular con capacidad de 300.000 Kcal/hora, construída según normas ASME.
- Una estufa eléctrica marca FAL, modelo AES, 1.760 W, 8 amp., 220 Volt.
- Una balanza electrónica marca SARTORIUS L 4205. Precisión a 0,001 gr.
- Una balanza de plato, marca AM, tipo JM2P, capacidad 6 Kg.
- Un xilohigrómetro digital marca DELMHORST.

///...

///...

6.- POPULUS.6.1.- Populus x euroamericana cv I 214 - Populus x euroamericana cv Conti 12:

Ambas especies, objeto de análisis en esta primera repetición fueron analizadas juntas por considerarlas muy similares entre sí. Constituían el 80 % de la carga del secadero y se complementó la carga con un 20 % de las otras dos especies restantes, quienes fueron objeto de una observación visual en cuanto a su comportamiento para poder comparar con las otras repeticiones.

El contenido de humedad inicial era de 55 % y el espesor de las piezas tratadas de 27 mm, con ancho variable y largo de 1.750 mm.

6.1.1.- Programa de secado:

Período 1: Tbh y Tbs = 48,5 °C

Período 2:

Humedad de la madera (%)	Temperaturas (°C)		Humedad relativa (%)
	Tbs	Tbh	
Verde	48,5	46	85
60	48,5	45	80
40	51,5	46,5	75
30	54,5	47	65
25	60,0	49	55
20	68,0	53	45
15	76,5	58	40

Período 3: Tbh y Tbs = 77°C

6.1.2.- Tiempos de secado:

Período 1 3 horas
 Período 2 34 horas
 Período 3 4 horas
 Total 41 horas

6.1.3.- Resultados obtenidos:

///...

///...

Antes del secado:

Tipo de corte de las tablas	Nº Tablas	Escala de defectos (Nº de tablas y porcentaje)			
		0	0,1	0,2	0,25
Radial	14	--	6(42,86)	7(50)	1(7,14)
Tangencial	10	1(10)	6(60)	1(10)	2(20)
Semiradial	5	--	--	3(60)	2(40)
Semitangencial	5	--	3(60)	--	2(40)

Después del secado:

Tipo de corte de las tablas	Nº Tablas	Escala de defectos (Nº de tablas y porcentaje)			
		0	0,1	0,2	0,25
Radial	14	--	5(35,71)	6(42,86)	3(21,43)
Tangencial	10	1(10)	5(50)	1(10)	3(30)
Semiradial	5	--	--	2(40)	3(60)
Semitangencial	5	--	3(60)	--	2(40)

Nomenclatura de la escala de defectos:

- 0 - Ausencia de defectos: tablas que no tenían ningún defecto, inclusive sin nudos.
- 0,1 - Incidencia liviana de defectos: se consideró la presencia de nudos y médula.

///...



///...

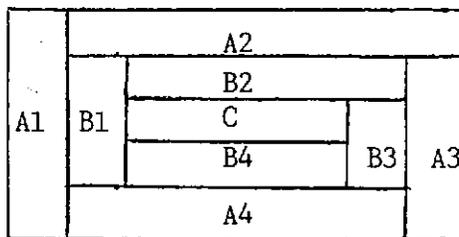
- 0,2 - Incidencia regular de defectos: además de nudos y médula se sumó la presencia de podredumbre y grietas y rajaduras pequeñas, abarquillado, combado, revirado leve.
- 0,25 - Incidencia intensa de defectos: además de nudos, médula y podredumbre se sumaron las rajaduras y grietas importantes, abarquillado, combado y revirado importante.

Como se observa en los cuadros antes y después del secado, no hay gran variación en la situación de las tablas ensayadas.

Se pudo observar que en algunas de las tablas clasificadas como 0,2 y 0,25 los defectos aparecen en las zonas que rodean a los nudos y a la médula; estos defectos son de colapso (en grado debil) y abarquillado. Estos defectos tenderían a desaparecer o no existirían en caso de que la causa (nudos; médula) no existiera.

Estos factores (nudos y médula) son generadores de problemas en el secado en cuanto a la calidad de las tablas se refiere, por lo que se considera debería intensificarse los trabajos silviculturales de manejo de las plantaciones y además permitir que las mismas tengan más edad al corte, por lo menos aquella que se destinará al aserrado para la obtención de productos de mayor valor agregado.

Probeta estratificada:



ancho 17 cm
longitud 29 cm
espesor 2,7 cm

Muestra	Peso 1 (gr)	Peso 2 (gr)	% H
A1	37,48	34,49	8,67
A2	112,17	103,06	8,84
A3	48,68	44,83	8,59
A4	102,90	94,43	8,96
B1	10,14	9,35	8,45
B2	50,92	46,84	8,71
B3	20,16	18,60	8,39
B4	64,95	59,69	8,81
C	44,02	40,56	8,53

Promedio de humedad: 8,66

Este promedio puede ser tomado como el contenido de humedad de toda la carga secada, ya que la probeta tomada para el análisis fue extraída al azar.

///...

///...

Peso 1: peso de la probeta obtenida de la madera secada.
 Peso 2: peso anhidro de las probetas (obtenido en estufa).
 % H : porcentaje de humedad.

Como se desprende de los valores arrojados por la estratificación de una tabla, se observa que practicamente no existe gradiente de humedad en las distintas zonas a lo ancho de la tabla, esto determina que el secado fue uniforme.

Cálculo del volumen de agua removida durante el secado:

$$V = Db \times Vv \times \frac{H1 - H2}{100}$$

$$V = 400 \text{ Kg/m}^3 \times 0,362.629 \text{ m}^3 \times \frac{55 - 8}{100}$$

$$V = 68,174 \text{ Kg}$$

6.2.- Populus nigra cv italica:

Esta especie, objeto de análisis de la segunda repetición constituía el 80 % del volumen de la carga del secadero, completándose con un 20 % de las otras especies cuyo comportamiento fue seguido durante el secado, con el objeto de poder compararlos al final de todas las repeticiones.

En este caso el contenido de humedad inicial superaba el 200 %, el espesor de las piezas era de 27 mm, el ancho variable y la longitud de 1.750 mm.

6.2.1.- Programa de secado:

Período 1: Tbh y Tbs = 57°C

Período 2:

Humedad de la madera (%)	Temperaturas (°C)		Humedad relativa (%)
	Tbs	Tbh	
Arriba de 40%	57	54	85,5
40	60	54	73
30	66	57	64,5
25	74	46	27
15	74	46	27

///...

///...

Período 3: Tbs = 74°C

Tbh = 69°C

6.2.2.- Tiempos de secado:

Período 1 = 1 hora

Período 2 = 79 horas

Período 3 = 4 horas

TOTAL = 84 horas

6.2.3.- Resultados obtenidos:

Antes del secado:

Tipo de corte de las tablas	Nº Tablas	Escala de defectos (Nº de tablas y porcentaje)			
		0	0,1	0,2	0,25
Radial	6	2(33,33)	3(50)	1(16,67)	--
Tangencial	11	10(90,91)	1(9,09)	--	--
Semiradial	8	5(62,5)	3(37,5)	--	--
Semitangencial	8	5(62,5)	2(25)	1(12,5)	--

Después del secado:

Tipo de corte de las tablas	Nº Tablas	Escala de defectos (Nº de tablas y porcentaje)			
		0	0,1	0,2	0,25
Radial	6	1(16,67)	4(66,67)	1(16,67)	--
Tangencial	11	9(81,82)	2(18,18)	--	--
Semiradial	8	5(62,5)	3(37,5)	--	--
Semitangencial	8	4(50)	1(12,5)	3(37,5)	--

///...

///...

Nomenclatura de escala de defectos:

- 0 = Ausencia de defectos.
 0,1 = Incidencia liviana de defectos.
 0,2 = Incidencia regular de defectos.
 0,25 = Incidencia intensa de defectos.

Como se observa antes del secado, de las tablas radiales que ingresaron, un 33,33 % no presentaban defectos; un 50 % tenían incidencia liviana de defectos y sólo un 16,67 % presentaban una incidencia regular de defectos.

Luego de sometidas al secado se observó la siguiente variación: 16,67% de tablas sin defectos; 66,67% con incidencia liviana de defectos y un 16,67% con incidencia regular.

En las tablas tangenciales antes del secado se presentaba el siguiente panorama: 90,91% de tablas sin defectos y un 9,09% de tablas con incidencia liviana de los mismos.

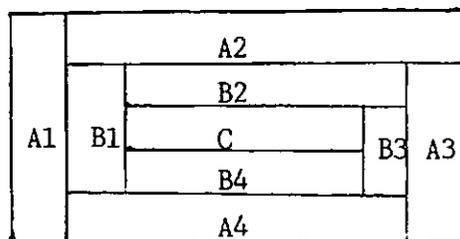
Luego de ser secadas estas mismas tablas tangenciales presentaban el siguiente estado: 81,82% de tablas sin defectos y un 18,18% de tablas con incidencia liviana de defectos.

Comparando estas situaciones entre las radiales y las tangenciales se puede decir que curiosamente las tangenciales tuvieron mejor comportamiento frente al secado que las tablas radiales.

Por otra parte las semiradiales no sufrieron variación alguna y las semitangenciales tuvieron un corrimiento parejo en cuanto a su calidad antes y después del secado que pudo ser debido a la presencia de nudos y médula en esas tablas analizadas.

Probeta estratificada:

ancho = 19 cm
 longitud = 30 cm
 espesor = 2,7 cm



///...

///...

El Alamo bolleana tenía un contenido de humedad inicial promedio de 40%.

Como el estado sanitario de esta especie no era bueno se prepararon tablas de 30 mm de espesor, anchos variables y longitud de 900 mm; la longitud adoptada fue la que permitía empalmar dos tablas a lo largo del secadero y eliminar todo resto de rajaduras, grietas, podredumbre, etc., para que en el análisis de las mismas no entraran otras variables que seguramente no indicarían al final del proceso si el secado fue adecuado o no.-

6.3.1.- Programa de secado:

Período 1: Tbh y tbs = 54°C

Período 2:

Humedad de la madera (%)	Temperaturas (°C)		Humedad relativa (%)
	Tbs	Tbh	
60-40	62	57	77,5
30-35	64	58	74
35-30	66	60	74
30-25	69	63	75
25-20	71	64	79
20-15	75	66	66
15-10	79	69	64

Período 3: Tbh y Tbs = 79°C

6.3.2.- Tiempos de secado:

Período 1 2 horas

Período 2 30 horas

Período 3 4 horas

TOTAL 36 horas

///...

///...

Muestra	Peso 1 (gr)	Peso 2 (gr)	% H
A1	63,39	57,32	10,59
A2	74,88	68,16	9,86
A3	74,59	67,73	10,13
A4	79,42	72,30	9,85
B1	59,39	53,86	10,26
B2	64,85	58,72	10,44
B3	48,67	44,02	10,56
B4	81,16	73,42	10,54
C	66,53	60,23	10,46

Promedio de humedad: 10,30

El promedio de humedad obtenido puede ser tomado como el contenido de humedad de toda la carga, ya que la tabla analizada fue obtenida al azar.

P1 = Peso de la probeta obtenida de la madera secada.

P2 = Peso anhidro de las probetas (obtenido en estufa).

%H = Porcentaje de humedad.

Como se observa, de los resultados de las estratificación de un trozo de la tabla tomada al azar, los contenidos de humedad de las distintas zonas de la probeta no varían en más del 1%; porcentaje aceptable como variación del gradiente de humedad existente entre la periferia y la parte central. Por lo que se puede decir que el secado de la misma fue parejo.

Calculo del volumen de agua removida durante el secado:

$$V = Db \times Vv \times \frac{H1 - H2}{100} =$$

$$V = 400 \text{ kg/m}^3 \times 0,475.199 \text{ m}^3 \times \frac{200,37 - 10}{100} = 361,85 \text{ Kg}$$

6.3.- Populus alba var. bolleana:

En este caso, al igual que los anteriores, pero en una tercera repetición, la carga del secadero estaba constituida por un 80 % de la especie en cuestión y un 20 % de las otras especies de Alamos. Esto se realizó a fin de efectuar una observación de las especies complementarias para poder compararlas al final de las repeticiones.

///...



///...

6.3.3.- Resultados obtenidos:Antes de secado:

Tipo de corte de las tablas	Nº Tablas	Escala de defectos (Nº de tablas y porcentaje)			
		0	0,1	0,2	0,25
Radial	9	7(77,78)	1(11,11)	1(11,11)	--
Tangencial	21	11(52,38)	6(28,57)	4(19,05)	--
Semiradial	2	2(100)	--	--	--
Semitangencial	2	2(100)	--	--	--

Después del secado:

Tipo de corte de las tablas	Nº Tablas	Escala de defectos (Nº de tablas y porcentaje)			
		0	0,1	0,2	0,25
Radial	9	4(44,44)	4(44,44)	1(11,12)	--
Tangencial	21	11(52,38)	6(28,57)	4(19,05)	--
Semiradial	2	2(100)	--	--	--
Semitangencial	2	2(100)	--	--	--

Nomenclatura de escala de defectos:

0 = Ausencia de defectos.

0,1 = Incidencia liviana de defectos.

0,2 = Incidencia regular de defectos.

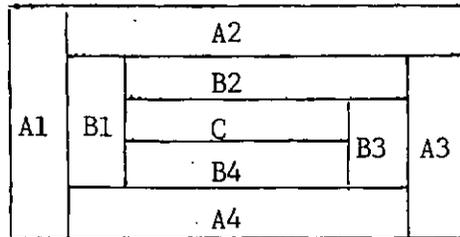
0,25 = Incidencia intensa de defectos.

La única diferencia, en el análisis de antes y después del proceso, la la presentaron las tablas radiales donde se pudo observar que probetas con ausencia de defectos antes del secado pasaron a ser probetas con incidencia liviana de defectos. Esto se debió a la aparición de grietas pequeñas de cabeza.

///...

///...

Probeta estratificada:



ancho = 20 cm
 longitud = 30 cm
 espesor = 3 cm

Muestra	Peso 1 (gr)	Peso 2 (gr)	% H
A1	71,59	66,06	8,37
A2	117,83	109,29	7,81
A3	71,14	65,67	8,32
A4	105,72	97,95	7,93
B1	53,81	49,78	8,09
B2	69,60	64,40	8,07
B3	35,12	32,45	8,22
B4	54,77	50,67	8,09
C	59,26	54,76	8,21

Promedio de humedad: 8,12

Como en los casos anteriores el contenido de humedad promedio de la tabla estratificada puede ser tomado como el de toda la carga, dado que la misma fue extraída al azar.

P1 = Peso de la probeta obtenida de la madera secada.

P2 = Peso anhidro de las probetas (obtenido en estufa).

%H = Porcentaje de humedad.

Cálculo del volumen de agua removida durante el secado:

$$V = D_b \times V_v \times \frac{H_1 - H_2}{100} =$$

$$V = 400 \text{ Kg/m}^3 \times 0,267.762 \text{ m}^3 \times \frac{40 - 8}{100} = 34,27 \text{ Kg}$$

///...

///...

7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

De los datos obtenidos en cada una de las repeticiones realizadas se puede decir que todos los programas de secado ensayados dieron buenos resultados, a pesar de que existían pequeñas diferencias entre las temperaturas adoptadas para cada etapa del período de secado propiamente dicho.

Es importante destacar pequeñas variaciones notables en el desarrollo de las pautas empleadas que no revelaron diferencias como se anticipó en párrafos anteriores, pero que merecen ser destacadas, como por ejemplo que:

- I.- En la pauta del Canadian Forestry Service, el período de acondicionamiento se realiza adoptando diferentes temperaturas para el bulbo seco y húmedo, lo que trae aparejado que la humedad relativa empleada en el mencionado período, no sea del 100%, es decir de saturación, como se realiza en los otros programas. El resultado obtenido fue el mismo en todas las pautas, realizándose en todos los casos el acondicionamiento en 4 horas.
- II.- En la segunda pauta del Canadian Forestry Service se destaca claramente el empleo de temperaturas elevadas, pero en contrapunto con las otras pautas se observa que cuando la humedad inicial de la madera es alta (60 %) o baja (10 %) se emplean altas humedades relativas, llegando a un límite en la etapa final del proceso a valores por encima de 60 % de humedad relativa, mientras que en los otros programas ensayados el valor límite de humedad relativa para contenidos de humedad de la madera, bajos, es también bajo (40 % y 27 %).

Respecto al tiempo empleado se puede decir que difieren mucho entre sí, el tiempo teórico calculado del tiempo efectivo. En la situación más desfavorable como fue en el caso del *Populus nigra cv italica*, cuyo contenido de humedad era de más de 200 %, el tiempo empleado fue de 79 horas y el calculado era más de 150 horas.

De acuerdo a esto se puede decir que, por lo menos en el caso de Alamos, el tiempo total calculado unicamente puede servir como un dato más o una referencia muy remota.

Haciendo una comparación entre la pauta del Forest Product Research Laboratory y la del Canadian Forestry Service utilizada en la tercera repetición y tomando una parte de la etapa de secado que va de 40 % de humedad de la madera a un 8 %, se constató que en la primer pauta se domoró 24 horas en llegar a la condición de 8 %, mientras que en la segunda pauta se demoraron 30 horas. Esto nos da una idea clara de ahorro de tiempo (6 horas) que trae aparejado una leve economía en el secado.

///...

///...

La otra pauta del Canadian Forestry Service utilizada en *Populus nigra* cv itálica, segunda repetición, no pudo ser comparada con las dos anteriores debido a que se partió de contenidos de humedad muy altos (+ de 200 %) por lo que se registraron saltos muy grandes en el descenso del contenido de humedad de la madera que hicieron imposible la mencionada comparación.

A pesar de poder emplearse cualquiera de los programas descriptos para secar los Alamos ensayados en este trabajo, nos inclinamos en recomendar el programa dado por el Forest Products Research Laboratory Leaflet N° 42 - "Programa E de los Estados Unidos", por considerar que es el que emplea temperaturas que se elevan gradualmente y humedades relativas que van disminuyendo lentamente a medida que evoluciona el secado. Esto da como resultado un secado más prudente, pero más rápido.

De acuerdo a la calidad de madera obtenida luego del proceso se puede decir que es necesario siempre realizar una preclasificación de la madera que se someterá al secado, dado que este proceso no tiene la cualidad de mejorar defectos importantes, sino que simplemente disminuye el tenor de humedad de acuerdo a las necesidades determinadas por el uso del material secado.

Es fundamental el correcto estibado de la madera dentro del secadero porque de ello depende el evitar defectos de secado.

En este tipo de madera, especialmente, se deberían construir separadores, para la estiba, más anchos que altos de manera de evitar que las varillas de separación marquen la madera, colocandose la parte más ancha paralela a la tabla.

<u>Espesor</u>	<u>Ancho</u>
1" (2,54 cm)	4" (10,16 cm)
1" (2,54 cm)	3" (7,62 cm)
1 1/4"(3,175 cm)	3" (7,62 cm)
1 1/4"(3,175 cm)	4" (10,16 cm)
1 1/4"(3,175 cm)	2" (5,08 cm)

Para la ubicación de los separadores se debe respetar el siguiente distanciamiento:

Maderas con espesores mayores de 50 mm	0,90m
Maderas con espesores entre 30 y 50 mm	0,60m
Maderas con espesores menores de 30 mm	0,30m

///...

///...

Respecto a las instalaciones del secadero se debe tener en cuenta que la velocidad de circulación del aire no sea inferior a 1 m/seg., siendo la ideal de 1,5 a 2 m/segundo, de manera de asegurar una perfecta ventilación de toda la carga de madera. Para el desarrollo de los distintos períodos de secado se hace necesario contar con controladores que aseguren perfectamente las temperaturas acotadas en las pautas. También es imprescindible contar con secaderos perfectamente hermetizados para impedir fuga de calor.-

///...

8.- BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Boone, R. Sidney; Kozlik, Charles J.; Bois, Paul J.; Wengert, Eugene M. Dry Kiln schedules for commercial woods: temperate and tropical. Madison: Forest Products Laboratory, 1988.
- 2.- Bramhall, G.; Wellwood, R.W. Kiln drying of western canadian lumber. Vancouver: Canadian Forestry Service, 1976.
- 3.- CTBA Info: Revue du Centre Technique du Bois et de l'Ameublement. (18)'88.
- 4.- Centre Technique du Bois. Conseils pratiques pour le séchage des bois. París: CTB, 1977. (Cahies du Centre Technique du Bois; no. 56).
- 5.- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Departamento de Montes. Los álamos y los sauces en la producción de madera y la utilización de las tierras. Roma: FAO, 1980 (Estudio FAO: Montes; no. 10).
- 6.- Rasmussen, Edmund. Dry kiln operato manual. Madison: Forest Products Laboratory, 1961. (Agriculture handbook; no. 188).
- 7.- Reunión Nacional de Salicáceas (1a.: 1984: Buenos Aires). Libro de Soluciones. Buenos Aires: Instituto Forestal Nacional. Comisión del Alamo, 1985.
- 8.- El Secado de madera aserrada. Oberboihingen: Robert Hildebrand Maschinenbau, 1964.

///...

9.- GLOSARIO DE ABREVIATURAS.

Tbs = Temperatura del bulbo seco.

Tbh = Temperatura del bulbo húmedo.

e = Valor producto de 5 coeficientes: a1 = coef. relativo a la instalación del secadero; a2 = coef. relativo a la humedad de la madera; a3 = coef. relativo a la densidad anhidra de la madera; a4 = coef. relativo al espesor de la madera y a5 = coef. relativo a la calidad del secado.

DH = Diferencia entre humedad inicial y final (en %).

$d=(DH/e)$ = Duración del secado.

Db = Densidad básica.

Vv = Volumen verde.

H1 = Humedad inicial.

H2 = Humedad final.

V = Volumen de agua removida.

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
BIBLIOTECA

CATALOGADO