

UTILIZACION DE RENOVALES DE ROBLE Y RAULI EN LA FABRICACION DE TABLEROS DE PARTICULAS

Miguel Peredo L.(*)
Hernán Poblete W.(**)
Luis Naveillán G.(***)

RESUMEN

*Se analiza la factibilidad técnica de fabricar tableros de partículas usando como materia prima astillas provenientes de renovales de roble (**Nothofagus obliqua**) y raulí (**Nothofagus alpina**).*

Los objetivos específicos, son determinar las propiedades físicas y mecánicas de los tableros, evaluando la influencia de la corteza y ramas en dichas propiedades y comparando, además, las propiedades y resistencias de tableros encolados con urea y fenol-formaldehído.

El material de ensayo provino de árboles cuya edad fluctuaba entre 15 y 20 años.

Las propiedades físico-mecánicas de los tableros se evaluaron utilizando la norma DIN 68763.

El estudio de los tableros en general arroja buenos resultados, pues los valores obtenidos superan los mínimos determinados por la norma al ser sometidos a los ensayos mecánicos de tracción y flexión con ambos tipos de adhesivos.

*El análisis de los resultados obtenidos permite apreciar que la utilización de renovales de roble (**Nothofagus obliqua**) y raulí (**Nothofagus alpina**) como materia prima para la fabricación de tableros de partículas se presenta como una buena alternativa desde el punto de vista técnico.*

Palabras Claves : Tableros de partículas, Propiedades Mecánicas, Adhesivos, **Nothofagus obliqua**, **Nothofagus alpina**.

(*) Dr. Ing. Forestal, Universidad Austral de Chile, Casilla 853, Valdivia

(**) Dr. Ing. Forestal, Universidad Austral de Chile, Casilla 853, Valdivia

(***) Ing. Forestal, Banco Nacional, Bandera 287, Santiago.

ABSTRACT

*Technical feasibility of particle board panels manufacture from second-growth Roble (**Nothofagus obliqua**) and Raulí (**Nothofagus alpina**) timber is studied*

Specific objectives of the study are: To determine the physical and mechanical properties of the resulting wood-base panels and to compare the properties and strenght of panels glued with urea and phenolphormaldehyde.

A total of twenty four panels were manufactured, including the control samples and a mixed species panel, and mechanical and physical properties were tested and evaluated using the DIN 68763 standard

In general terms the panels performed well, the minimun requirements for tensile strength and bending strength, with both types of glue, appear over the standard.

Results show that Roble and Raulí second growth raw material is an interesting alternative to produce panels

Keywords: *Particle boards, Mechanical and Phisical Properties, Adhesives, **Nothofagus obliqua, Nothofagus alpina.***

INTRODUCCION

En la fabricación de tableros de partículas en Chile, se utiliza casi exclusivamente madera de pino insigne (**Pinus radiata**), cuya calidad en cuanto a forma y estado sanitario permite su utilización como materia prima para otro tipo de productos forestales.

La madera de pino insigne presenta excelentes aptitudes para la fabricación de tableros aglomerados, sin embargo existe en el país una importante cantidad de renovales de roble (**Nothofagus obliqua**) y raulí (**Nothofagus alpina**) de cuyo manejo podría obtenerse la materia prima necesaria para satisfacer las necesidades de la industria de tableros de partículas.

Considerando el alto número de árboles por hectárea que presentan dichos bosques, es posible suponer que el producto de los raleos se podría utilizar en la fabricación de tableros de partículas. De esta forma se aprovecharía una cantidad importante de madera, que en la actualidad se utiliza como combustible o sencillamente se abandona en el bosque, y se mejorarían estos renovales con el manejo.

Actualmente se analiza además, la posibilidad de establecer una bonificación estatal por el manejo del bosque nativo, lo cual incentivaría la realización de prácticas silvícolas en las casi 600.000 ha de renovales con futuro económico que se estima existen en el país.

Tomando en consideración el importante volumen de materia prima que se podría obtener del manejo de estos bosques y la calidad de los tableros de partículas fabricados con especies latifoliadas, especialmente coihue (**Nothofagus dombeyi**), resulta interesante realizar ensayos para determinar las características técnicas de paneles aglomerados, utilizando materia prima proveniente del raleo de renovales de roble y raulí.



MATERIAL Y METODO

Astillas

Como material de ensayo se utilizaron astillas provenientes del procesamiento de árboles jóvenes completos, con y sin ramas y corteza. El diámetro (DAP) medio de los fustes varió entre 6 y 20 cm.

Las especies astilladas para la fabricación de tableros fueron roble y raulí provenientes de renovales ubicados en la provincia de Valdivia. La especie roble, se encontraba en el fundo La Esperanza, propiedad de la empresa Forestal Tornagaleones, presentando un diámetro medio de 18 cm (DAP), una altura media de 18 m y una edad de 20 años. La especie raulí, se encontraba en el predio Las Trancas, ubicado en el sector costero de La Unión, presentando un diámetro medio de 10 cm (DAP), una altura media de 14 m y una edad de 13 años.

Para la elaboración de los tableros testigos se utilizó como materia prima la especie pino insigne sin corteza, por ser la especie principalmente utilizada por esta industria en Chile.

Adhesivos

Para encolar las partículas se utilizaron dos tipos de adhesivos:

Ureaformaldehido: Como adhesivo ureico se utilizó el producto ADELITE UT-60 sin catalizador, en solución al 50%.

Fenolformaldehido: Como adhesivo fenólico se utilizó el producto OXILITE 328 preparado con el catalizador-relleno FR-850 y formalina al 37% como acelerador.

Obtención de Astillas y Virutas

Los rollizos de las especies roble, raulí y pino insigne se procesaron en un astillador industrial, marca KLOCKNER, modelo TR-30, y con el objeto de reducir el tamaño de las astillas se utilizó un viruteador Pallman, modelo PZ-8.

De acuerdo con estudios realizados por Deppe y Ernst (1982), Peredo (1983), Post (1958) y Ginzel y Peraza (1966), el tamaño de las partículas tiene gran influencia en la mayoría de las propiedades físico-mecánicas de los tableros y también en la calidad del encolado. Por esta razón se determinó el coeficiente de esbeltez que presentan las partículas gruesas de las especies en estudio, con el objeto de analizar su efecto en los diferentes ensayos.

Secado y Tamizado de las Partículas

Las virutas se obtuvieron con un contenido de humedad superior al 80%, con el objeto de disminuir la proporción de material fino durante el proceso.

Para reducir el contenido de humedad y alcanzar el porcentaje recomendado por Ginzel y Peraza (1966), previo al encolado, el material se secó en un equipo marca HERAEUS, modelo TU-h 2. Se llegó a un contenido de humedad final de las partículas entre 4 y 8% (base madera seca). Posteriormente, las astillas fueron tamizadas con el objeto de separar las gruesas para la capa media y las finas para las capas externas de los tableros.

Encolado de las Partículas

Las partículas para ambas capas del tablero previamente secas y clasificadas fueron encoladas separadamente utilizando la siguiente relación de encolado:

- Urea-formaldehido : Capa externa 10% de resina seca referida al peso anhidro de las



partículas.

Capa media : 8% de resina seca en relación al peso anhidro de las partículas.

- Fenol-formaldehido : Capa externa 14% de resina seca en relación al peso anhidro de las partículas.
Capa media : 10% de resina seca en relación al peso anhidro de las partículas.

El volúmen de material encolado se calculó para la producción de tableros de 11 mm de espesor y 700 kg/m³ de densidad.

La distribución del adhesivo sobre las partículas se realizó utilizando una encoladora marca DRAIS, modelo FSP 80.

Fabricación de los Tableros

La elaboración de los tableros se realizó de acuerdo con las siguientes condiciones :

- Densidad esperada : 700 kg/m³
- Ciclo de prensado : temperatura de los platos 180°C ± 10°, presión máxima 3 N/mm², presión media 1 N/mm² aproximadamente.
- Tiempo de prensado : 6 minutos
- Espesor : 11 mm

Los tableros se componen de un 50% de virutas finas (capas externas) y un 50% de virutas gruesas (capa media).

La temperatura de los platos permaneció constante en 180°C mientras que la presión se varió durante el tiempo de prensado. Durante los 30 segundos iniciales la prensa alcanza la presión máxima de 3 N/mm², luego ésta permanece constante durante 3 minutos, para descender en un tiempo de 30 segundos a 1 N/mm², permaneciendo 2 minutos y finaliza el ciclo.

En estas condiciones la zona central del tablero alcanza una temperatura de

100°C al cabo de aproximadamente 2 minutos, produciendo la evaporación del medio portador de la resina (H₂O) lo que conduce al fraguado del adhesivo.

Tipos de Tableros

De acuerdo con los diferentes tipos de partículas de las especies consideradas en el estudio, se fabrican los tipos de tableros que se indican a continuación, utilizando Urea y Fenol-formaldehido

Tableros compuestos por :

- 100% astillas de roble : - Con corteza y ramas (A)
- Sin corteza y sin ramas (B)
- 100% astillas de raulí : - Con corteza y ramas (C)
- Sin corteza y sin ramas (D)
- 50% astillas de roble + 50% astillas de Raulí:
- Con corteza y ramas (E)
- Sin corteza y sin ramas (F)
- 100% astillas de pino insigne :
- Sin corteza y sin ramas (T)

Por cada una de las variables mencionadas, se confeccionaron dos tableros, lo que significa un total de 24 tableros.

Propiedades Físico - Mecánicas

Con el objeto de evaluar las propiedades físico-mecánicas de los tableros confeccionados, se hicieron las siguientes determinaciones según las normas DIN correspondientes.

- Densidad y humedad (DIN 52361)
- Resistencia a la flexión (DIN 52363)
- Hinchamiento (DIN 52364)

- Resistencia a la tracción (DIN 52365)
- Resistencia a la tracción en húmedo (DIN 68763)

Todos los ensayos se hicieron con probetas climatizadas según DIN 50014.

Los valores obtenidos para cada uno de los ensayos se compararon con los valores especificados por la norma DIN 68763, con el objeto de evaluar las propiedades de los tableros.

Número de Muestras para los Ensayos

El número de probetas obtenidas para los diferentes ensayos por especie, fue la siguiente :

Tipo de Ensayo	Adhesivo	
	Urea-Formaldehido	Fenol-Formaldehido
Tracción seco	32	12
Tracción húmedo	-	20
Flexión	24	24
Densidad	32	32
Hinchamiento	24	24

Análisis de Datos

Se efectuó un análisis de varianza con los valores obtenidos, utilizando para ello el programa SPSS y el subprograma ONE WAY, y el test de comparación múltiple de SCHEEFE. Se formaron grupos con aquellas especies que no presentaron diferencias significativas entre ellas. Este procedimiento se aplicó a cada tratamiento por separado. Los valores entregados por este test corresponden a los valores medios, desviación estándar, error estándar e intervalo de confianza entre las medias para los distintos grupos. También se realizó el test de Kolmogorow-Smirnov para verificar normalidad de los datos.

PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

Las tres especies estudiadas permitieron trabajar sin ningún tipo de problema durante su transformación a astillas, en el encolado y en el prensado, lográndose fabricar tableros homogéneos y de buena presentación.

Las densidades de las especies así com el coeficiente de esbeltez de las virutas se presentan en el Cuadro N° 1.

Cuadro N° 1

VALORES MEDIOS DE DENSIDAD DE LA MADERA Y COEFICIENTE DE ESBELTEZ DE LAS PARTICULAS DESPUES DEL ASTILLADO

Parámetros	Roble	Raull	Pino Insigne
Densidad de la madera (kg/m ³)	474,0	516,0	462,0
Coefficiente de esbeltez	68,8	67,1	73,2

Al observar su aspecto, los tableros presentan dos tonalidades distintas debido a la influencia de la corteza. Los tableros que incluyeron corteza son más oscuros que los fabricados sin ella, considerando el mismo tipo de adhesivo. Debido a la coloración propia de cada adhesivo, los tableros fabricados con fenol-formaldehido resultaron de tonalidad más oscura que los fabricados con ureaformaldehido.

Propiedades Físicas

Densidad

Se obtuvieron densidades que fluctuan dentro del rango previamente establecido, aproximadamente 700 kg/m³. Es así como el análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas entre los diferentes tipos de

tableros, al considerar la variable densidad.

Los valores obtenidos se resumen en el Cuadro N° 2.

Cuadro N° 2

DENSIDAD MEDIA DE LOS TABLEROS E INTERVALOS DE CONFIANZA
PARA LAS MEDIAS AL 95% EN TABLEROS FABRICADOS
CON UREA Y FENOL-FORMALDEHIDO

Materias Primas	Ureaformaldehido		Fenolformaldehido	
	Densidad (kg/m ³)	Intervalo Conf. al 95%	Densidad (kg/m ³)	Intervalo Conf. al 95%
Roble con corteza(A)	702	691-713	-	-
Roble sin corteza (B)	709	695-723	735	729-741
Raulí con corteza(C)	700	690-711	708	698-741
Raulí sin corteza (D)	698	687-708	725	717-732
Mezcla con corteza (E)	700	690-711	-	-
Mezcla sin corteza (F)	689	675-702	700	687-713
Pino Isigne (T)	704	689-719	711	702-720

En el Cuadro N° 2 se observa que todos los valores obtenidos fluctuaron dentro del rango requerido, lo que significa que el 95% de las probetas analizadas están dentro de los intervalos de confianza indicados.

Hinchamiento

Los tableros de partículas producidos con ureaformaldehido, son requeridos para uso en interiores, donde las condiciones de humedad no son severas. Los tableros fabricados con fenolformaldehido, en tanto, son requeridos para uso en exteriores, en condiciones más severas en cuanto a humedad se refiere, propiedad que se obtiene principalmente por las cualidades propias del adhesivo. En consecuencia, el análisis del hinchamiento es un elemento que sirve de apoyo al evaluar el comportamiento de los paneles para las condiciones futuras de uso.

- Tableros Encolados con Ureaformaldehido

Los valores obtenidos sobrepasan los límites permitidos por la Norma DIN 68761, que establece para 2 horas de inmersión en agua un hinchamiento máximo de 8%, y los límites exigidos por la Norma DIN 687763, que establece para 24 horas de inmersión en agua un hinchamiento de 16% como máximo (Figura N° 1).

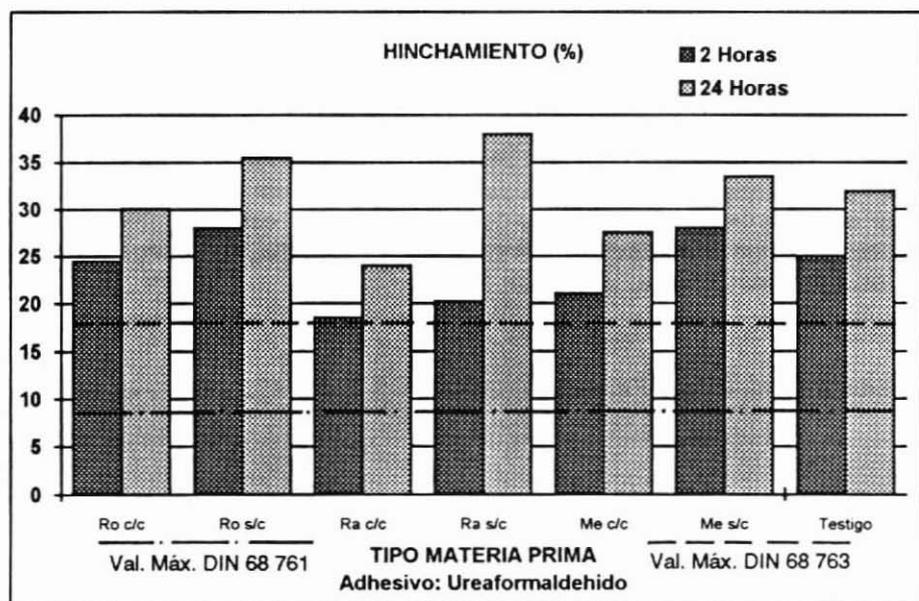


Figura N° 1. HINCHAMIENTO MEDIO A LAS 2 Y 24 HORAS DE INMERSION EN AGUA A 20°C PARA LOS DISTINTOS TIPOS DE MATERIAS PRIMAS TRATADAS CON UREAFORMALDEHIDO



Los valores de hinchamiento más desfavorables se observan en los tableros fabricados con roble con corteza, mezcla sin corteza, pino insigne y roble sin corteza. Aquellos correspondientes a raulí, con y sin corteza, y a la mezcla con corteza, presentaron los valores más bajos de hinchamiento, aunque superan ampliamente los valores máximos estipulados por las normas DIN para esta propiedad.

Al observar el efecto de la corteza sobre la propiedad física hinchamiento, es posible deducir que en los tipos raulí y mezcla, para tableros fabricados con ureaformaldehído, ésta de alguna manera se comporta como agente hidrófobo, ya que los valores de hinchamiento son menores que los observados en tableros sin corteza. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Chen y Paulitsch (1974), quienes trabajando con biomasa como materia prima encontraron que algunos taninos presentes en la corteza ejercían cierta acción repelente al agua.

Los valores de hinchamiento en la especie roble son mayores en los tableros que incluían corteza, por presentar un alto porcentaje de ella. Debe considerarse que si bien la corteza puede actuar como hidrófobo, al sobrepasar ciertos límites tiene un efecto negativo en el encolado de las partículas, al no permitir una distribución homogénea del adhesivo. Por esto, se puede deducir que la corteza afectó la adhesión entre las partículas, influyendo negativametne sobre esta propiedad física.

- Tableros Encolados con Fenolformaldehído

El hinchamiento después de 24 horas de inmersión en agua a 20°C tiene como valor máximo especificado en la norma DIN 68763, para tableros fabricados con adhesivos resistentes al agua, un 12%. En el Cuadro N° 3 y en la Figura N° 2 se observa que los valores obtenidos superan este máximo permitido.

Cuadro N° 3

PROPIEDAD FISICA HINCHAMIENTO DESPUES DE 2 Y 24 HORAS
DE INMERSION EN AGUA A 20°C.

Tipos de Materia Prima	Hinchamiento			
	2 Horas		24 Horas	
	(%)	DE*	(%)	DE*
Roble sin corteza(B)	14,57	1,08	17,59	1,09
Raulí con corteza (C)	14,34	1,08	17,47	1,15
Raulí sin corteza (D)	17,64	9,00	19,73	1,07
Mezcla sin corteza (F)	24,03	1,88	29,15	2,70
Pino Insigne (T)	16,95	0,84	19,32	1,25

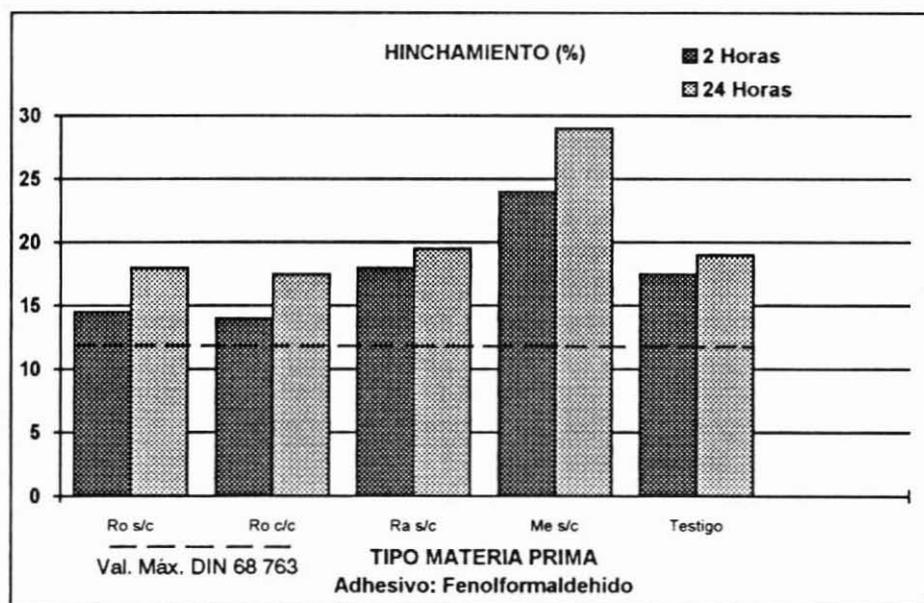


Figura N° 2. HINCHAMIENTO MEDIO DESPUES DE 2 Y 24 HORAS DE INMERSION EN AGUA A 20°C PARA MATERIAS PRIMAS TRATADAS CON FENOLFORMALDEHIDO

Los resultados presentados en la Figura N° 2 indican que los tipos roble sin corteza, raulí con corteza, raulí sin corteza y pino insigne no presentan valores muy altos de hinchamiento. En tanto, la mezcla sin corteza es la que presenta los más altos porcentajes de hinchamiento.

Al igual que para los tableros encolados con ureaformaldehído, los fabricados con fenol también superan los límites máximos permitidos por DIN 68763. Sin embargo, el valor de hinchamiento evidenciado en el último tipo de tablero es considerablemente menor que el observado en paneles aglomerados con urea.

La propiedad hinchamiento es de gran importancia en la determinación de la factibilidad técnica de los tableros para ser utilizados en la fabricación de muebles y construcciones, por este motivo se ha realizado gran cantidad de ensayos tendientes a determinar el efecto de agentes hidrófobos sobre esta variable. Al respecto, Müller (1962) y Roffael y May (1983) determinaron que el uso de este tipo de agentes, disminuye en un 50-70% el hinchamiento en los tableros de partículas.

Teniendo en cuenta lo expresado por los autores antes mencionados, se podría pensar que las especies utilizadas en este ensayo, al ser tratadas con agentes hidrófobos, cumplirían con los requisitos exigidos por las normas.

En relación al efecto de la corteza sobre la propiedad física hinchamiento, es posible deducir que en la especie raulí con fenolformaldehído, la corteza se comportó como agente hidrófobo, ya que los valores de hinchamiento observados son menores que los valores observados en los tableros de raulí sin corteza.

Propiedades Mecánicas

El estudio de las propiedades mecánicas es de gran importancia para la determinación de las futuras posibilidades de uso de los tableros de partículas.

Resistencia a la Flexión

- Tableros Encolados con Ureaformaldehido

Cuadro N° 4

VALORES PROMEDIO OBTENIDOS DE LAS RESISTENCIAS A LA FLEXION CON SUS RESPECTIVAS DESVIACIONES ESTANDAR POR TIPO DE MATERIA PRIMA

Tipos de Materia Prima	Flexión	
	(N/mm ²)	Desviación Estándar
Roble con corteza (A)	23,4	3,43
Roble sin corteza (B)	28,4	3,59
Raull con corteza(C)	23,0	2,77
Raull sin corteza (D)	26,4	2,45
Mezcla con corteza (E)	22,6	2,47
Mezcla sin corteza (F)	21,6	3,63
Pino Isigne (T)	29,3	3,80

De los tipos de materias primas estudiadas, la que presentó mejor resistencia a la flexión fue roble sin corteza, aunque estos valores son algo inferiores a la resistencia observada para la especie testigo pino insigne (Figura N° 3).

Raull sin corteza también presenta excelentes condiciones en comparación con los otros tipos estudiados. Los valores observados para los otros tipos de materia prima son igualmente inferiores al testigo, sin embargo, superan ampliamente el valor mínimo exigido por la norma DIN 68763 (18 N/mm²).

Respecto a la densidad determinada en la madera de las especies utilizadas, los valores obtenidos permiten deducir que en general, los tableros fabricados con maderas de menor densidad presentan mayor resistencia a la flexión. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Larmore (1959), quien trabajó analizando las propiedades físico-mecánicas de los tableros, en función de la densidad de la madera.

La mayor resistencia a la flexión se obtuvo con tableros de pino insigne, luego en tableros de roble y finalmente raullí.



En relación al coeficiente de esbeltez observado para las especies estudiadas, los valores de resistencia obtenidos permiten deducir que de alguna manera existió una influencia directa en la resistencia a la flexión, observándose que la especie pino insigne presentó la resistencia más alta con un coeficiente de esbeltez de 73,2, luego Roble con un coeficiente de esbeltez de 68,7 y, finalmente, raulí con un coeficiente de esbeltez de 67,5. En trabajos realizados por Poblete y Peredo (1985) y Ginzler y Peraza (1966), se concluye que a mayor coeficiente de esbeltez se obtiene mejor resistencia a la flexión.

Por otra parte, se puede observar que el efecto de la corteza es negativo en la resistencia a la flexión. Es así como las especies roble y raulí presentan valores de resistencia notoriamente superiores en aquellos tableros donde no se encuentra presente, concordando esto con los resultados obtenidos por Chen *et al.* (1972).

Los valores de flexión observados para las mezclas son menores que los valores observados para las especies por separado, pero estos valores medios superan en forma muy amplia el valor mínimo requerido por DIN 68763. Debe destacarse este hecho, por cuanto representa una buena alternativa de utilización para los renovales.

Al observar los valores medios de flexión y sus desviaciones estándar en las especies utilizadas (Cuadro N° 5), se puede constatar que los grupos por separado tuvieron un comportamiento bastante homogéneo en este ensayo. Esto queda corroborado por el hecho de que los coeficientes de variación no superan un 16% de los promedios obtenidos.

- Tableros Encolados con Fenolformaldehido

Cuadro N° 5

VALORES PROMEDIO OBTENIDOS DE LAS RESISTENCIAS A LA FLEXION CON SUS RESPECTIVAS DESVIACIONES ESTANDAR POR TIPO DE MATERIA PRIMA

Tipos de Materia Prima	Flexión	
	(N/mm ²)	Desviación Estándar
Roble sin corteza (B)	30,03	2,11
Raulí con corteza(C)	23,61	3,0
Raulí sin corteza (D)	30,42	3,17
Mezcla sin corteza (F)	25,35	4,64
Pino Isigne (T)	28,79	4,40

El tipo que presentó menor resistencia al ensayo de flexión fue raulí con corteza, siendo el único que mostró diferencia significativa con respecto a las demás especies. Se puede apreciar que las otras maderas y el testigo registran resistencias homogéneas, siendo raulí sin corteza la que demuestra haber sido la más resistente a este ensayo (30,42 N/mm²).

Los tableros fabricados con raulí con corteza mostraron para este ensayo los valores más bajos de flexión. Sin embargo, al observar la Figura N° 3 se aprecia que las resistencias de todas las especies superan ampliamente al valor mínimo exigido por la norma DIN 68763 (19 Nmm²).

Al analizar los valores medios de flexión y sus desviaciones estándar, se comprobó que los tableros fabricados con fenolformaldehido tuvieron un comportamiento homogéneo en este ensayo. Los coeficientes de variación no superan un 16% de los promedios estándar, lo que significa que en la variabilidad entre las probetas de un mismo tablero, no hubo diferencias de consideración.

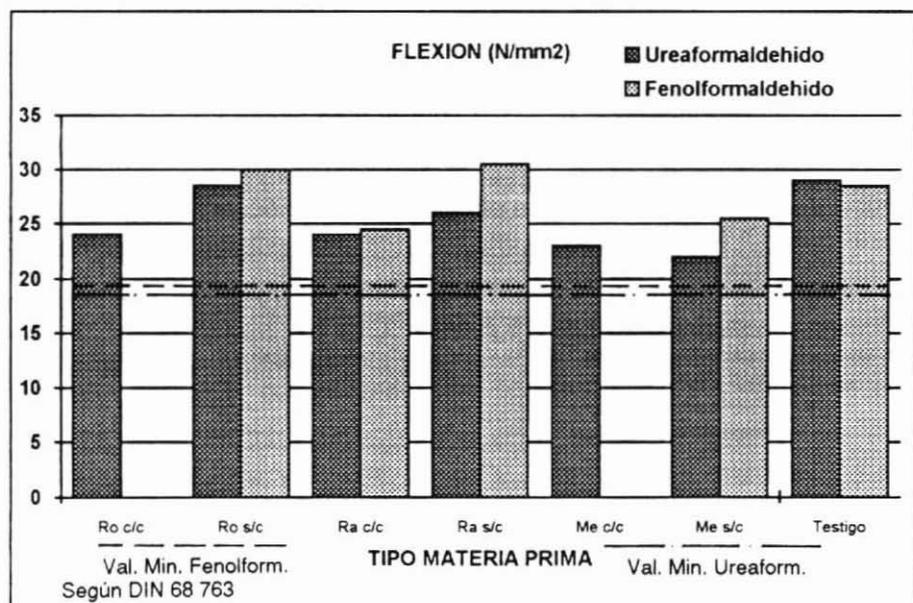


Figura N° 3 VALORES MEDIOS DE RESISTENCIA A LA FLEXION EN TABLEROS ENCOLADOS CON UREA Y FENOLFORMALDEHIDO

Resistencia a la Tracción

- Tableros Encolados con Ureaformaldehyde

Los valores de resistencia a la tracción perpendicular al plano, revelan que los tableros fabricados con mezcla con corteza, raulí sin corteza y roble sin

corteza, presentan las mejores resistencias promedio. Por el contrario, las materias primas mezcla sin corteza y pino insignie registran los valores de tracción más bajos. Sin embargo, es posible destacar que en todas las especies estudiadas se encontraron valores de resistencia promedio notablemente superiores a los valores mínimos exigidos por la norma DIN 68763 (0,4 Nmm²) (Figura N° 4).

Cuadro N° 6

VALORES PROMEDIO OBTENIDOS DE LAS RESISTENCIAS A LA TRACCION CON SUS RESPECTIVAS DESVIACIONES ESTANDAR POR TIPO DE MATERIA PRIMA

Tipos de Materia Prima	Tracción	
	(N/mm ²)	Desviación Estándar
Roble con corteza (A)	0,778	0,107
Roble sin corteza (B)	0,851	0,085
Raulí con corteza(C)	0,798	0,082
Raulí sin corteza (D)	0,854	0,109
Mezcla con corteza (E)	0,863	0,096
Mezcla sin corteza (F)	0,678	0,095
Pino Isigne (T)	0,726	0,161

Al comparar estos resultados con los obtenidos para flexión, se comprueba que las especies de menor coeficiente de esbeltez presentan valores promedio superiores en el ensayo a la tracción. Esto concuerda con lo observado por Poblete y Peredo (1985), quienes analizaron el comportamiento de tableros de partículas fabricados con astillas de diferente espesor utilizando pino insignie como materia prima.

En relación al efecto de la corteza, se puede observar que en las especies roble y raulí los valores de resistencia obtenidos permiten deducir que existe una influencia negativa sobre la resistencia a la tracción. En todos los casos la resistencia de los tableros donde la corteza no está presente fue superior a la de aquellos tableros donde se incluyó este material.

Para poder determinar si efectivamente existen diferencias significativas entre los testigos y las especies en estudio se realizó un análisis de varianza de acuerdo con la metodología planteada anteriormente.



Cuadro N° 7

**DIFERENCIAS ENTRE LAS ESPECIES ROBLE Y RAULI
EN RELACION A LOS TABLEROS TESTIGOS**

Tipos de Materia Prima	Pino Insigne			
	Tracción	Flexión	Hinchamiento	
			2 h	24 h
Roble con corteza (A)	No	Si	Si	Si
Roble sin corteza (B)	Si	No	No	No
Raulí con corteza (C)	No	Si	Si	Si
Raulí sin corteza (D)	Si	No	Si	Si

Respecto a las diferencias encontradas entre las especies roble y raulí en relación a la especie utilizada como testigo, se puede deducir para las propiedades tracción, flexión e hinchamiento, que existe una serie de factores que influyen sobre los resultados del análisis. Estos factores son : la densidad de la madera, el coeficiente de esbeltez, la cantidad de material fino obtenido en la preparación de las partículas y la presencia de corteza y ramas (Cuadro N° 7).

- Tableros Encolados con Fenolformaldehido

Se sometieron a tracción probetas en húmedo y en seco, de un mismo tipo de tablero. Las primeras probetas fueron sometidas a un tratamiento de envejecimiento, el que consistió en sumergirlas durante un tiempo de dos horas en agua a 100°C y posteriormente traccionarlas. Las probetas ensayadas en seco, solamente debieron ser climatizadas antes de proceder al ensayo (Cuadro N°8).

Cuadro N° 8

VALORES PROMEDIO OBTENIDOS DE LAS RESISTENCIAS A LA TRACCION CON SUS RESPECTIVAS DESVIACIONES ESTANDAR EN TABLEROS ENCOLADOS CON FENOLFORMALDEHIDO, POR TIPO DE MATERIA PRIMA

Tipos de Materia Prima	Tracción			
	(N/mm ²)	DE*	(N/mm ²)	DE*
Roble sin corteza (B)	0,290	0,020	0,746	0,056
Raull sin corteza (C)	0,277	0,022	0,586	0,085
Raull sin corteza (D)	0,271	0,020	0,690	0,061
Mezcla sin corteza (F)	0,150	0,013	0,626	0,055
Pino Insigne (T)	0,256	0,028	0,576	0,070

En el ensayo de tracción en seco, se observó que el tipo roble sin corteza, es el que registró mayor resistencia (0,746 N/mm²). Los demás tuvieron un comportamiento homogéneo para este ensayo y sus resistencias variaron entre 0,576 N/mm² y 0,626 N/mm².

Los valores promedios obtenidos reflejan que, en todos los tipos, los valores de resistencia al ensayo de tracción en seco son muy superiores a los valores mínimos exigidos por la norma DIN 68763 (0,4 N/mm²).

En relación al ensayo de tracción en húmedo, los resultados indican que roble sin corteza, raulí con corteza y raulí sin corteza, fueron las más resistentes. La mezcla sin corteza presentó el valor más bajo de resistencia, coincidiendo con el valor mínimo exigido por DIN 68763 (Figura N° 4).



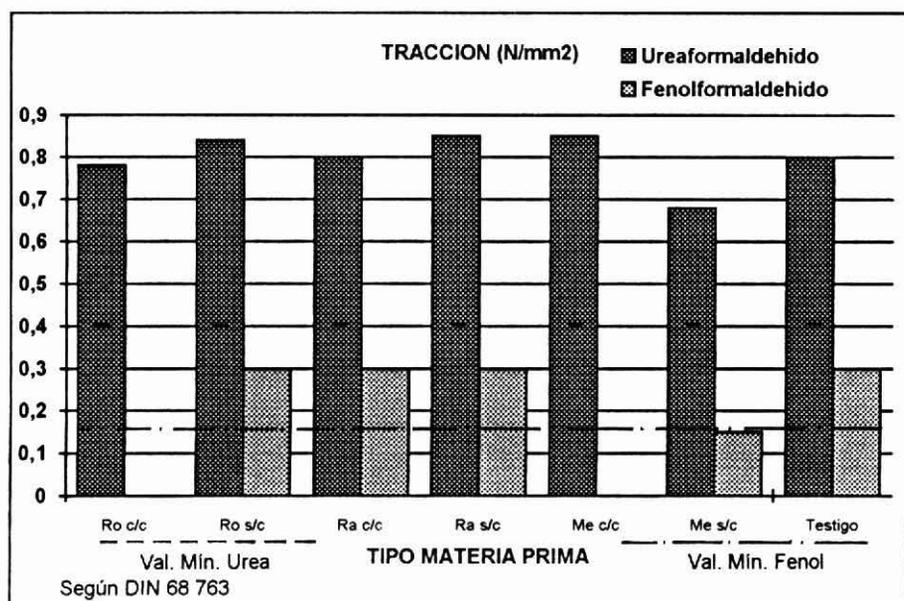


Figura N° 4 VALORES MEDIOS DE RESISTENCIA A LA TRACCION EN TABLEROS FABRICADOS CON UREA Y FENOLFORMALDEHIDO

Al comparar los tableros fabricados con fenolformaldehido con aquellos elaborados con ureaformaldehido, se puede apreciar que el comportamiento de los tipos no es el mismo. Esta disparidad se debe a factores directamente relacionados con el tipo de adhesivo. Al preparar y dosificar el adhesivo fenólico se presentan algunas dificultades debidas principalmente a que la resina en cuestión corresponde a una formulación para uso en contrachapados y debió ser adaptada para tableros de partículas.

ASPECTOS GENERALES

El análisis granulométrico de las astillas de las especies roble, raulí y pino insigne, permite apreciar que las astillas de esta última son más homogéneas que las de las otras especies estudiadas, tanto en las astillas finas como en las gruesas, además se pudo apreciar que también son más flexibles que las astillas de roble y raulí.

Las astillas de roble y raulí presentan gran heterogeneidad y son más cortas que las de pino insigne. Además, la presencia de material fino es mayor en comparación con las astillas utilizadas como testigo.

Los tableros de la especie pino insigne encolados con ureaformaldehído presentan los valores más altos para la propiedad mecánica flexión. Esta ventaja del testigo puede explicarse por el coeficiente de esbeltez más favorable de sus virutas.

En el ensayo de tracción ocurre lo contrario, lo cual también se debe a que los tableros confeccionados con especies latifoliadas fueron fabricados con partículas más cortas y más gruesas. En cuanto al hinchamiento, pino insigne se ubica en una posición desfavorable junto con roble sin corteza y sin ramas y mezcla sin corteza y sin ramas, al compararlos con los otros tipos estudiados.

En tableros confeccionados con ureaformaldehído, los tipos pino insigne y roble sin corteza y sin ramas no muestran diferencias significativas. Por el contrario, en tracción, si bien existen diferencias estadísticamente significativas con roble y mezcla sin corteza y sin ramas, los valores que se observan indican que las resistencias son bastante homogéneas.

Para hinchamiento, en tableros confeccionados con ureaformaldehído, también hay diferencias significativas a excepción de raulí sin corteza y sin ramas, pero los valores que se observan presentan homogeneidad, excepto mezcla sin corteza.



CONCLUSIONES

- El material proveniente de renovales de roble (**Nothofagus obliqua**) y raulí (**Nothofagus alpina**) es apto para la fabricación de tableros de partículas utilizables tanto en interiores como exteriores.

- Los valores de resistencia observados en tableros fabricados con roble y raulí superan los valores mínimos exigidos por las normas DIN, deduciéndose de esto que la materia prima utilizada es adecuada para la fabricación de tableros de partículas.

- La presencia de corteza y ramas afecta negativamente las propiedades físico-mecánicas de los tableros, sin embargo, los valores observados en los tableros fabricados con astillas provenientes de árboles completos superan los valores mínimos exigidos por las normas DIN.

- Al comparar tableros fabricados con ureformaldehído con aquellos confeccionados con fenolformaldehído, se observa que ambos presentan resultados satisfactorios. Sin embargo, se debe tener en cuenta que para lograr las exigencias mínimas requeridas por las normas DIN, se aplicó en el caso de fenolformaldehído una mayor concentración de adhesivo en relación al peso seco de la madera.

- Algunos problemas de resistencia a la tracción en húmedo e hinchamiento, presentados por tableros encolados con fenolformaldehído, podrían solucionarse aumentando la densidad de los tableros o el porcentaje de adhesivo.

- Se observa que la densidad de la madera y el tamaño de las partículas tiene influencia sobre las propiedades físico-mecánicas. En este caso las especies de menor densidad presentan mejores resultados en los ensayos mecánicos.

REFERENCIAS

- Chen, T., Paulitsch, M. y Soto, G. 1972.** On the Suitability of the Biological Surface Mass from Spruce Thinnings as Raw Material for Particleboard. *Holz Roh-Werkst.* 30 (1) : 15-18.
- Chen, T., y Paulitsch, M. 1974.** Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeit von Biomasse-Hackshnitzeln. *Mitt. Forst. Forsch. u. Versuchs-Anst. Baden-Württ., Heft 62, Freiburg*, pp. 75-104.
- Deppe, H. y Ernst, K. 1982.** Taschenbuch der Spanplattentechnik, 2. Auflage, DRW-Verlag Leinfelden, 480 p.
- Ginzel, W. y Peraza, C. 1966.** Tecnología de Tableros de Partículas. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Madrid, 185. p.
- Larmore, F. 1959.** Influence of Specific Gravity and Resin Content on Properties of Particle Boards. *For. Prod. J.* 9 (4): 131-134.
- Muller, H. 1962.** Erfahrungen mit Paraffinemulssionen als Quellschutzmittel in der Spanplatte. *Holz Roh- Werkstoff.* 20: 434-437.
- Peredo, M. 1983.** Zum Einsatz Forstliche Biomasse in der Bauspanplattenherstellung. Dissertation zum Erlangung des Doktorgrades. Forstliche Fakultät. Georg-August Universität, Göttingen, 202 p.
- Poblete, H. y Peredo, M. 1985.** Utilización de Material Proveniente del Manejo Silvopastoral en la Fabricación de Tableros de Partículas. In: Simposio *Pinus radiata*. Investigación en Chile. Tomo II. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. pp. 220-240.
- Post, P. 1958.** The Effect of Particle Geometry and Resin Content on Bending Strength of Oak particleboard. *For. Prod.J.* 8 (10): 317-322.
- Roffael, E. y May, A. 1983.** Paraffin Sizing of Particle-Boards: Chemical Aspects. Fraunhofer Institute for Wood Research (WKI) Technical University Braunschweig, Federal Republic of Germany. pp. 283-295.