

C. D. O.: 862.2 : 839.8

INCLUSION DE BIOMASA FORESTAL EN LA FABRICACION  
DE TABLEROS DE PARTICULAS \*

M. Peredo L.

## SUMMARY

The technical factibility of using forestry biomass as raw material in the manufacturing of boards for building is analyzed.

The experiment used chips from the thinning of *Pinus silvestris* trees. The trees were 32 years old, 12 meters high and had approximately a diameter of 8 cm (DAP). In making the boards, three different types of adhesives were used: Phenolformaldehyde (FF), a condensed mixture of Melamine-Urea and Phenolformaldehyde (MUFF) and Isocianat (Ic).

The results obtained indicate that the manufacture of chip boards from forestry biomass using MUFF and Ic as an adhesive is feasible. These boards comply with the requirements for their use in building (Type V 20 and V 100, DIN 68763). FF presented a series of inconveniences when used as an adhesive. The most serious of which was swelling.

## RESUMEN

Se analiza la factibilidad técnica de utilizar biomasa forestal como materia prima para la fabricación de tableros de partículas para uso en construcciones.

Para realizar los ensayos, se fabricaron astillas a partir de árboles completos de

*Pinus silvestris* provenientes de un raleo. Los árboles tenían una edad de 32 años, una altura media de 12 metros y un diámetro de alrededor de 8 cm (DAP). Los tableros fueron confeccionados con tres distintos tipos de adhesivos: Fenolformaldehído (FF), Mezcla condensada de Melamina-Urea y Fenolformaldehído (MUFF) e Isocyanato (Ic).

De los resultados obtenidos, se puede concluir que es posible utilizar biomasa forestal en la fabricación de tableros de partículas utilizando MUFF e Ic como adhesivo. Los paneles fabricados en estas condiciones satisfacen las exigencias establecidas para su uso en construcciones (Tipo V 20 y V 100, DIN 68763). Al utilizar FF como adhesivo, se presentaron algunos inconvenientes, especialmente de hinchamiento.

## INTRODUCCION

La creciente demanda de las industrias de Pulpa y Papel y Tableros de partículas por satisfacer sus necesidades de materia prima está ocasionando en algunos países una paulatina escasez de madera rolliza. El aprovechamiento de biomasa forestal (incluye raíces, fuste, corteza, ramas y acículas) se presenta como una interesante posibilidad para solucionar dicha situación. Mediante la utilización de sistemas meca-

\* Resumen de algunos aspectos de la Tesis de Doctorado realizada por el autor en la Universidad de Göttingen, Alemania Federal.

nizados en las prácticas de raleo y corta final, es posible aumentar la producción de madera con el objeto de satisfacer las necesidades de la Industria de tableros de partículas y Pulpa y papel.

Para la mayoría de los desechos de madera se ha encontrado alguna utilización industrial. Sin embargo, en la actualidad no es posible decir lo mismo respecto al material que queda en el bosque como producto de la corta final. Ramas, madera de copa y trozos de pequeño diámetro permanecen en el bosque inutilizados o son quemados con el objeto de preparar el terreno para la reforestación.

En Chile, por ejemplo, se queman anualmente cerca de 2,5 millones de toneladas de desechos del bosque, los que podrían aprovecharse en forma integral si se utilizan como materia prima para la fabricación de paneles aglomerados.

La fabricación de tableros de partículas a partir de biomasa forestal presenta sin embargo, algunos problemas principalmente debido a la presencia de material verde en las partículas y a la gran cantidad de finos que se producen durante el astillado, lo que provoca finalmente un encolado deficiente de las partículas de mayor tamaño.

Los estudios relacionados con el tema, realizados hasta ahora, se han ocupado principalmente de la fabricación de tableros de partículas encolados con urea formaldehído del tipo FPY/FPO (DIN 65761). El aprovechamiento de biomasa forestal es de gran importancia si las astillas producidas se utilizan en la fabricación de tableros para la construcción (Tipo V 20 y V 100 DIN 68763). Si la industria de tableros de partículas puede producir los tipos de tableros antes mencionados a partir de biomasa forestal, sin necesidad de procesar separadamente la materia prima madera, se podría pensar en un aprovechamiento económico de la biomasa forestal como materia prima para la in-

dustria de tableros de partículas.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriormente descritas, se determinó la factibilidad técnica de utilizar biomasa forestal como materia prima para la fabricación de tableros de partículas, ensayando las propiedades físicas y mecánicas de tableros encolados con tres tipos de adhesivos.

## MATERIAL Y METODO

### *Adhesivos*

Se ensayaron tres adhesivos en la fabricación de tableros de partículas: Fenolformaldehído (FF), Mezcla condensada de Melamina, Urea y Fenolformaldehído (MUFF) e Isocyanato (Ic).

Las astillas se obtuvieron de 40 árboles completos de *Pinus silvestris* provenientes de un raleo. Los árboles tenían una edad de 32 años, una altura media de 12 metros y un DAP de alrededor de 8 cm. La copa representaba alrededor de un tercio de la altura total (4 a 5 m).

A partir del material fresco se produjeron las astillas mediante un molino de martillos del tipo Pallmann HPR. El viruteado se realizó con un astillador de cuchillos circulares del tipo Pallmann PZ—14. La humedad inicial del material fue de alrededor de 110%. Finalmente, se procedió a secar las astillas en un secador por convección a 180°C durante 5 minutos, obteniéndose una humedad final de alrededor de 12%.

Mediante el tamizado de las astillas se logró que el 77% del material astillado correspondiera a las fracciones 1,0; 2,0 y 3,1 mm<sup>2</sup> como astillas de buena calidad. El porcentaje de astillas gruesas (3,1 mm<sup>2</sup>) y astillas finas (1,0 mm<sup>2</sup>) correspondió a un 10 y 12,5% respectivamente.

Las proporciones en que se presentan los distintos componentes -madera, cor-

teza, acículas- en las astillas de biomasa forestal se presenta en el Cuadro N° 1.

Cuadro 1. Composición de las astillas de biomasa de *Pinus silvestris* en comparación con valores obtenidos por otros autores\*.

*Composition of the Pinus silvestris biomass chips compared with the values of other authors.*

Componente	Peredo 1983	Deppe 1980	Kehr 1980	May 1976
Madera	82,7	79	60-75	80
Corteza	13,7	12	10-19	16
Acículas	2,8	9	-	4
Otros componentes orgánicos	0,8	-	15-30	-

\*) Valores en % del peso de las astillas

Impurezas orgánicas, arena, piedras o metales no fueron observados en las astillas analizadas.

#### Tableros de partículas

Utilizando los tres adhesivos mencionados, se fabricaron tableros de partículas de 3 capas de acuerdo a las siguientes especificaciones:

Densidad: 700 Kg/m<sup>3</sup>

Pre—prensado: Temperatura ambiente y presión de 0,15 N/mm<sup>2</sup> durante 3 minutos.

Condiciones de prensado: Temperatura de los platos: 180°C

Presión máxima: 1,5 N/mm<sup>2</sup>

Presión media : 0,7 N/mm<sup>2</sup>

Tiempo total de prensado: 8 minutos

Espesor: 19 mm

El factor de encolado para tableros fabricados con FF fue de 12% en la capa externa (CE) y 8% en la capa media (C.M). Para los tableros fabricados con MUFF, el factor de encolado fue de CE: 16%, C.M: 14%. Los tableros fabricados con Ic fueron encolados con 8% de

adhesivo en la CE y 6% en la C.M.

Por cada tipo de adhesivo se fabricaron 21 tableros tanto de biomasa como de astillas de madera. En total se ensayaron 126 tableros.

#### Ciclo de prensado

Para fabricar todos los tipos de tableros se mantuvo constante el tiempo de prensado, la presión máxima y mínima y la temperatura. En la Figura N° 1 se presenta en forma gráfica el ciclo de prensado utilizado en el estudio.

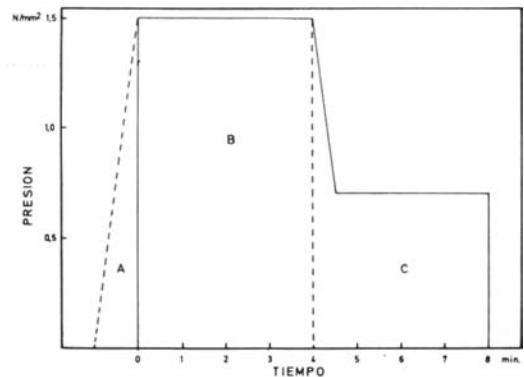


Fig. 1. Ciclo de prensado. A = período variable entre 10 y 20 segundos, hasta alcanzarla presión máxima. B = período con presión máxima (4 min). C = período con presión media, (3,5 min).

*Pressing cycle. A = variable period between 10 to 20 seconds, until maximum pressure is obtained, B = period of maximum pressure (4 min), C = period of intermediate pressure (3,5 min).*

#### RESULTADOS Y DISCUSION

El aprovechamiento económico de los tableros de biomasa forestal implica que éstos deben demostrar al igual que los tableros de madera-, que son factibles de utilizar en todos los campos de aplicación. Por este motivo, la evaluación de la calidad de los tableros se realizó considerando algunas propiedades físico—mecánicas más relevantes y otras pruebas que permiten

determinar la aptitud de los paneles para ser utilizados en construcción.

*Propiedades físicas*

La determinación del contenido de humedad, espesor, densidad, así como también la resistencia a la flexión, resistencia

a la tracción perpendicular al plano del tablero e hinchamiento se realizaron de acuerdo a lo establecido en las normas DIN 52360 a 52365.

En el Cuadro N° 2, se presentan las propiedades físicas de los tableros de biomasa forestal en comparación con los tableros de madera.

Cuadro 2. Propiedades físicas de los tableros de madera y biomasa de acuerdo a DIN 52360, 52361 y DIN 68763.

*Physical characteristics of wood and biomass boards according to specifications of DIN 52360, DIN52361 and DIN 68763.*

Propiedad	Adhesivo	Tableros de madera		Tableros de biomasa	
		$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
Humedad (%)	FF	12,0	0,3	12,7	0,1
	MUFF	9,6	0,3	10,3	0,1
	Ic	9,9	0,1	10,4	0,1
Espesor (mm)	FF	19,5	0,2	19,8	0,1
	MUFF	18,8	0,2	19,7	0,1
	Ic	19,3	0,1	19,6	0,1
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	FF	754	25	719	25
	MUFF	736	18	709	7
	Ic	707	15	708	16
Hinchamiento a las 24 h (%)	FF	10,2	0,8	15,8	1,8
	MUFF	8,2	0,5	9,4	0,8
	Ic	8,1	0,7	11,5	0,6

$\bar{x}$  : Promedio de 40 observaciones

s : Desviación estándar

Los valores de las propiedades físicas presentados en el Cuadro N° 2 indican que, tanto para tableros de biomasa como para tableros de madera son considerablemente superiores a los exigidos por las normas DIN, en tableros fabricados con los tres tipos de adhesivos analizados en el presente estudio.

De los resultados obtenidos se puede deducir que es posible utilizar biomasa forestal en la fabricación de tableros de partículas utilizando MUFF e Ic como adhesivo. Los paneles fabricados en estas condiciones satisfacen las exigencias establecidas para su uso en construcción (Tipo V 100 DIN 68763). Al utilizar FF como ad-

hesivo, se presentan algunos inconvenientes, especialmente de hinchamiento que deberían ser analizados en estudios posteriores.

*Flexión estática*

La determinación de la propiedad mecánica flexión estática es de gran importancia, toda vez que los tableros de partículas al estar en servicio sufren solicitudes a flexión estática en la gran mayoría de los casos.

Las mediciones de esta propiedad fueron realizadas de acuerdo a lo establecido en la norma DIN 52362. En la Figura N°

2 se grafican los resultados de resistencia a la flexión de ambos tipos de tableros, en comparación con los valores mínimos exigidos por la norma DIN 68763.

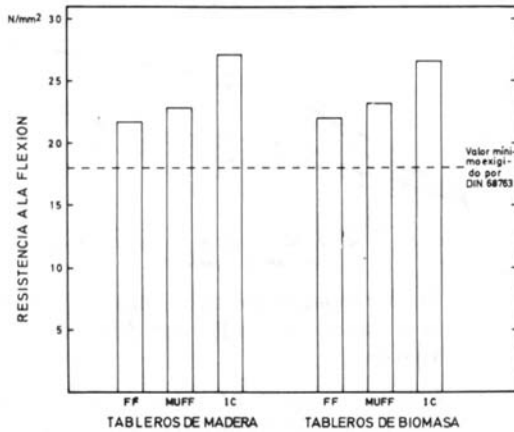


Fig. 2. Resistencia a la flexión estática de tableros encolados con diferentes adhesivos, en relación con el mínimo exigido por DIN 68763.

*Resistance of boards glued with different adhesives to static flexion in relation to minimum requirements of DIN 68763.*

De acuerdo con lo expresado en la Figura N° 2 se aprecia que tanto los tableros fabricados con astillas sin corteza como los fabricados con biomasa forestal superan la resistencia mínima exigida por la norma. Con respecto al tipo de adhesivo, los mejores resultados se obtienen con Ic.

#### Resistencia a la tracción

La resistencia de los tableros, medida en forma perpendicular a la fibra, es otro de los parámetros que permite evaluar las propiedades de los paneles y sus características como elementos de construcción.

La determinación de esta propiedad se realizó de acuerdo a DIN 52365. En la Figura N° 3 se presentan los resultados de resistencia a la tracción, tipo V 100 para cada tipo de adhesivo, en comparación con el valor mínimo exigido por DIN 68763.

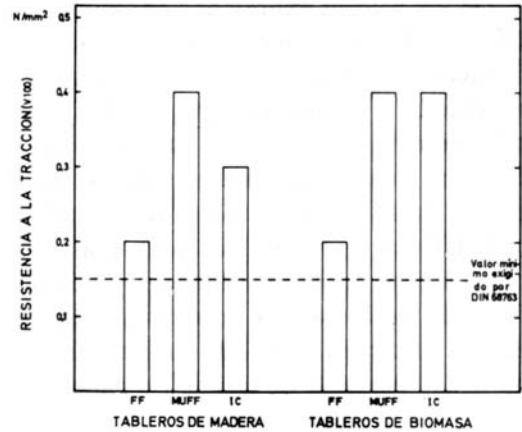


Fig. 3. Resistencia a la tracción tipo V 100 de tableros encolados con diferentes adhesivos, en relación con el mínimo exigido por DIN 68763.

*Resistance of boards glued with different adhesives to type V 100 traction, in relation to the minimum requirements of DIN 68763.*

En la Figura N° 4 se presentan los resultados de resistencia a la tracción, tipo V 20, para cada tipo de adhesivo, en comparación con el valor mínimo exigido por DIN 68763.

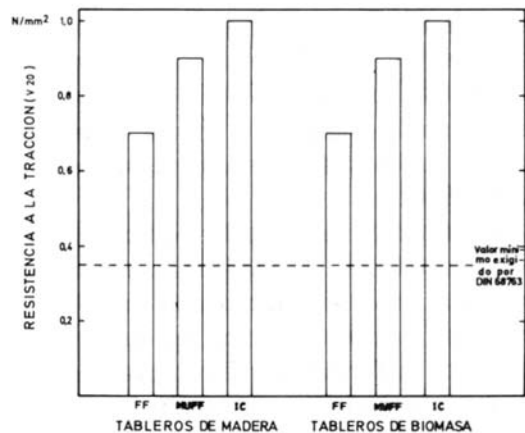


Fig. 4. Resistencia a la tracción, tipo V 20, de tableros encolados con diferentes adhesivos, en relación al mínimo exigido por DIN 68763.

*Resistance of boards glued with different adhesives to type V 20 traction, in relation to the minimum requirements of DIN 68763.*

De los valores expresados en las Figuras N° 3 y N° 4, se deduce que los tableros fabricados con biomasa forestal superan, en cuanto a lo que a resistencia a la tracción se refiere, los valores mínimos exigidos por la norma correspondiente. Esto ocurre para los dos tipos de tableros, V 20 y V 100, lo que significa, que sería factible elaborar tableros utilizando biomasa forestal como materia prima cuyo uso no estaría limitado por las condiciones de humedad del lugar de uso de los paneles.

### Resistencia a fatiga

La determinación de la resistencia a fatiga proporciona información referente a las deformaciones que sufren los paneles de madera sometidos a determinadas sollicitaciones climáticas. Estos ensayos adquieren una relevancia especial cuando se trata de evaluar productos nuevos que se utilizarán en la construcción.

La determinación de la resistencia a la fatiga, se realizó en probetas de 450 mm x 200 mm x 19 mm. Estas secciones fueron cargadas con 60 kg en dos puntos diferentes, de tal modo que la probeta soporta una flexión de 5 N/mm<sup>2</sup> lo que significa aproximadamente un 28°/o de la resistencia mínima exigida (18 N/mm<sup>2</sup>) para tableros de 19 mm de espesor de acuerdo a DIN 68763.

Las mediciones se realizaron con un reloj de medición, al comienzo de la deformación, éstas se realizan con mayor frecuencia (diariamente), una vez que la velocidad de deformación disminuye, las mediciones se hicieron con menor frecuencia (semanalmente).

La flexión medida, después de aproximadamente 15 minutos de colocar los pesos, definida como flexión inicial ( $f_0$ ), y todas las mediciones posteriores ( $f_t$ ) en el tiempo ( $t$ ) se relacionaron con ( $f_0$ ) y constituyeron un factor de deformación definido como  $V = f_t / f_0$ .

En la Figura N° 5 se presentan las relaciones de flexión  $f_t : f_0$  para tableros de madera y biomasa.

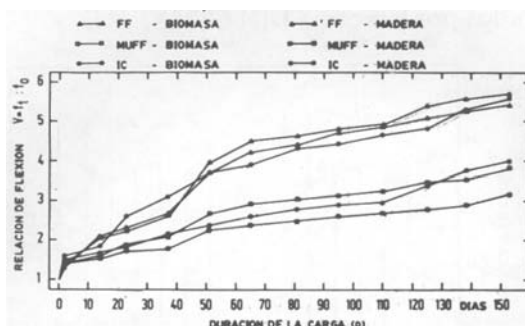


Fig. 5. Flexión relativa de los tableros de biomasa y madera encolados con diferentes adhesivos.

*Relative flexion of wood and biomass boards glued using different adhesives.*

Un análisis de los resultados obtenidos mediante ensayos de resistencia a la fatiga, permite resaltar los siguientes aspectos:

- Los tableros de astillas de madera sufren menores deformaciones que los tableros fabricados con astillas de biomasa.
- La deformación sufrida por tableros encolados con FF presenta valores mayores que los tableros encolados con MUFF e Ic.

### Desprendimiento de la capa externa

La capa externa del tablero juega un papel importante durante el contrachapado, recubrimiento con papeles decorativos y tratamiento con selladores de superficie, ya que se producen diferencias de comportamiento entre el recubrimiento, la capa externa y el resto del tablero. Si la capa externa del tablero no es lo suficientemente resistente, el recubrimiento del tablero además se separa.

Para evaluar la resistencia al desprendimiento, se midió la resistencia a la tracción de la capa externa de los tableros (Deppe/Ernst 1982).

Para la determinación de dicha resistencia, se adhirió en la superficie del tablero un timbre redondo de metal, el que se tracciona hasta el desprendimiento de la capa externa en una máquina Universal de ensayos (DIN 52366).

En el Cuadro N° 3 se presentan los valores de resistencia al desprendimiento.

Cuadro. Valores de resistencia al desprendimiento de tableros de madera y biomasa forestal de acuerdo a DIN 52366.

*Values of resistance to detachment of wood and forestry biomass boards, according to DIN 52366.*

Adhesivo Tipo	Resistencia al desprendimiento (N/mm <sup>2</sup> )			
	Tableros de madera		Tableros de biomasa	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
FF	1,9	0,4	1,4	0,1
MUFF	1,7	0,2	1,3	0,1
Ic	1,6	0,1	1,5	0,3

Considerando los valores presentados en el Cuadro N° 3 se puede concluir que los valores para los tableros de biomasa encolados con FF, MUFF e Ic son respectivamente un 29, 23 y 33% mayores que los valores mínimos exigidos por la norma DIN 68761, Parte 4. Para los tableros de madera, los valores son 47, 41 y 38% mayores que el mínimo de 1,0 N/mm<sup>2</sup> (DIN 68761, Parte 4).

Los tableros de madera presentaron en general valores de resistencia al desprendimiento, superiores que los tableros fabricados con biomasa. Esto podría justificarse

se considerando que la proporción de acículas y corteza presente en las capas externas de los tableros, en alguna medida disminuyen su dureza.

## CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos, es posible concluir los siguientes aspectos:

1. La biomasa forestal constituye una interesante fuente de materia prima para la fabricación de tableros de partículas.
2. Los valores de resistencia que presentan los tableros fabricados con biomasa forestal superan los valores mínimos especificados por las normas DIN.
3. La influencia de las acículas y corteza, queda demostrada en las propiedades físico—mecánicas de los tableros, las que son inferiores en comparación con los paneles fabricados como testigos.
4. El rendimiento de la materia prima al utilizar biomasa forestal disminuye en aproximadamente 20%, en comparación con astillas provenientes de madera rolliza. Esto se debe a la presencia de acículas y corteza y a la mayor producción de finos durante el viruteado y tamizado de las astillas.
5. En relación al tipo de adhesivo, en general los mejores valores se obtienen en tableros encolados con Isocyanato. Esto resulta especialmente interesante si se considera que este adhesivo fue aplicado solamente en un 7% en relación al peso seco de las partículas encoladas.

## REFERENCIAS

- DEPPE, H. 1980. Zur Nutzung forstliche Biomasse in der Holz-Werkstoffherzeugung. Forstarchiv 51(10): 195-201.
- DEPPE, H.; ERNST, K. 1982. Taschenbuch der Spanplattentechnik, Auflage DRW - Verlag Stuttgart, 480 p.
- KEHR, E. 1980. Die Veränderung des Rohstoffeinsatzes bei der Herstellung von Faser - und Spanplatten. Holzindustrie (3): 84-87.

MAY, H. 1976. Waldhackschnitzel für die Spanplattenherstellung. Holz-Zbl. 102 (42): 569-571.  
PEREDO, M. 1983. Zum Einsatz forstlicher Biomasse in der Bauspanplattenherstellung. Dissertation zum Erlangung des Doktorgrades. Forstliche Fakultät, Georg-Universität Göttingen, 202 p.

Recibido Mayo 1986

El autor

MIGUEL PEREDO LOPEZ, Ingeniero Forestal, Dr. Ciencias Forestales, Instituto de Tecnología de Productos Forestales, Universidad Austral de Chile, Casilla 853, Valdivia - Chile.