

RESISTENCIA A LA FLEXION EN TABLEROS DE PARTICULAS UNIDOS POR SUS CANTOS

Hernán Poblete Wilson (*)

RESUMEN

El unir tableros por los cantos es una operación que permite el aprovechamiento de restos de tableros aumentando el rendimiento de esta materia prima. En el presente trabajo se estudia la resistencia a la flexión (módulo de rotura) de uniones a tope recto, a tope en 45 grado y en cuña. Los ensambles se efectuaron con dos adhesivos: Polivinilacetato (PVC) y ureaformaldehído (UF).

Los resultados indican que las uniones en cuña con UF dan las mejores resistencias ($16,06 \text{ N/mm}^2$) siendo ligeramente inferiores a los testigos ($16,76 \text{ N/mm}^2$). El análisis estadístico reveló que no existen diferencias significativas entre estos valores.

Los ensambles realizados a tope en 45 grados registraron una flexión promedio de $12,78 \text{ N/mm}^2$ con PVC y de $12,18 \text{ N/mm}^2$ con UF. En el caso de las uniones a tope recto las resistencias fueron $10,81 \text{ N/mm}^2$ y $10,59 \text{ N/mm}^2$ con PVC y UF, respectivamente. En ambos casos no se determinaron diferencias significativas entre los adhesivos.

ABSTRACT

Particleboard assembling enables the utilization of board parts and increases raw material productivity. In this study bending strength (MOR) of butt end; 45 degrees scarfed and single finger edge joints were studied. Polivinilacetate (PVC) and Ureaformaldehyde (UF) were used as adhesives.

The assemblies were made up with 19 mm thick particleboards having a density of $607,8 \text{ kg/m}^3$.

The average recorded MOR for single finger joints, using UF as adhesive, was the highest ($16,06 \text{ N/mm}^2$) and the statistical analysis shows no significant differences between this value and that of normal, not jointed, particleboard ($16,76 \text{ N/mm}^2$).

The tested butt end joints averaged $10,81 \text{ N/mm}^2$ with PVC and $10,59 \text{ N/mm}^2$ with UF, and were weaker than the 45 degrees scarfed joints ($12,78 \text{ N/mm}^2$ with PVC and $12,18 \text{ N/mm}^2$ with UF). In both cases no significant differences between the adhesive type were found.

(*) Ingeniero Forestal. Dr. en Ciencias Forestales. Instituto de Tecnología de Productos Forestales, Universidad Austral de Chile. Casilla 853. Valdivia - Chile.

INTRODUCCION

Debido a la homogeneidad de la estructura de los tableros de partículas, es posible unirlos por los cantos entre sí o con otros elementos. Esta posibilidad permite la unión de restos de tableros, lográndose con ello un mejor aprovechamiento de la materia prima. La forma más sencilla y práctica de realizar esta operación es aserrando los cantos y ensamblándolos a tope recto (OBERLEIN, 1961).

GOLBS y FENTZAHN (1956) determinaron, en uniones a tope recto, resistencias a la tracción de 4,6 a 7,7 N/mm², mientras que al unir madera de *Pinus sylvestris* y *Picea abies* sólo registraron resistencias que variaron entre 3,1 y 3,2 N/mm². Estos resultados permitieron a los autores concluir que las propiedades de los tableros son suficientes para la producción de muebles. Cabe agregar que la porosidad de los cantos otorga excelentes condiciones para la penetración y anclaje del adhesivo, obteniéndose el desarrollo de una adhesión mecánica adecuada (POBLETE, 1978).

Otras investigaciones indican que la resistencia a la flexión de estas uniones es más importante para su evaluación, alcanzando niveles que oscilan entre un 60% y un 80% de la resistencia del tablero (FESSEL, 1966).

Aparte de la producción de uniones a tope recto existe además la posibilidad de unir los cantos utilizando algún tipo de perfil, tales como: en cuña, machihembrado, a media madera y en zigzag. A estas modalidades debe agregarse el empleo de elementos ajenos al tablero, tarugos y lengüetas, entre otros (LAMPERT, 1967).

El encolado de los cantos puede realizarse con adhesivos naturales o sintéticos. Entre estos últimos destacan el Polivinilacetato y las resinas Urea, Melamina y Fenol. En cualquiera de los casos anteriores, el adhesivo debe contener el mínimo de agua posible y, cuando sea necesario, se le agregan cargas para aumentar su viscosidad (GOLBS y FENTZAHN, 1956).

Una vez que el adhesivo ha fraguado y antes de lijar los tableros se debe proceder a climatizarlos por un período suficiente para alcanzar la humedad de equilibrio. De esta forma se evita la aparición de depresiones en la zona del ensamble (DUPONT, 1961).

En general, las experiencias realizadas permiten concluir que las resistencias obtenidas al unir tableros de partículas por los cantos posibilitarían el ensamblado de restos de tableros. Lo anterior significa que a través de este método, se logra un aumento del rendimiento industrial y por lo tanto de la materia prima.

METODOLOGIA

Con el objeto de estudiar la calidad de las uniones de los tableros, se determinó la propiedad mecánica flexión (módulo de rotura), según las especificaciones de la norma DIN 52362.

Como adhesivo se seleccionaron Ureaformaldehído y Polivinilacetato.

La concentración de la Ureaformaldehído fue de 60% y se le agregó un 20% de carga (harina de trigo). Como catalizador para este adhesivo, se incluyó un 12% de cloruro de amonio el cual a su vez se encontraba en una solución al 20%.

El Polivinilacetato se aplicó a los adherendos sin que se alterara su formulación, vale decir, tal como lo despacha el productor.

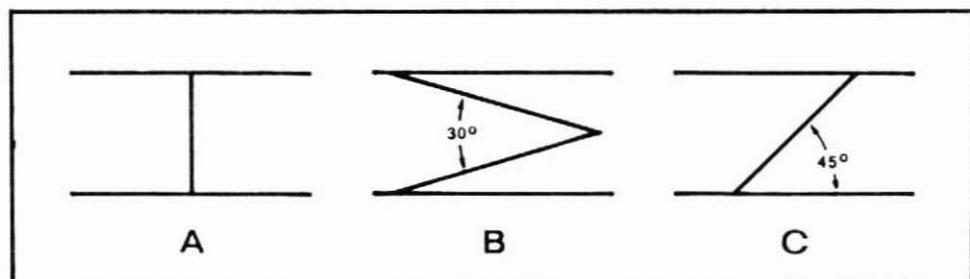
Para el encolado de los cantos se consideró la utilización de brochas y de una boquilla con presión. El prensado necesario para lograr la unión se efectuó por medio de prensas manuales.

Las muestras a unir se dimensionaron a 30 cm x 40 cm, de tal forma que al unir las se

obtuvieron muestras de 60 cm x 40 cm. Los tipos de ensambles a ensayar fueron: a tope recto, a tope en 45 grados y en cuña.

Los tableros utilizados para los ensayos tenían 19 mm de espesor y su densidad promedio fue de 607,8 Kg/m³. El aspecto de los diferentes tipos de ensamble se presenta en la Figura 1.

FIGURA 1
DISEÑO DE LOS PERFILES DE LAS UNIONES



A: Unión a tope recto

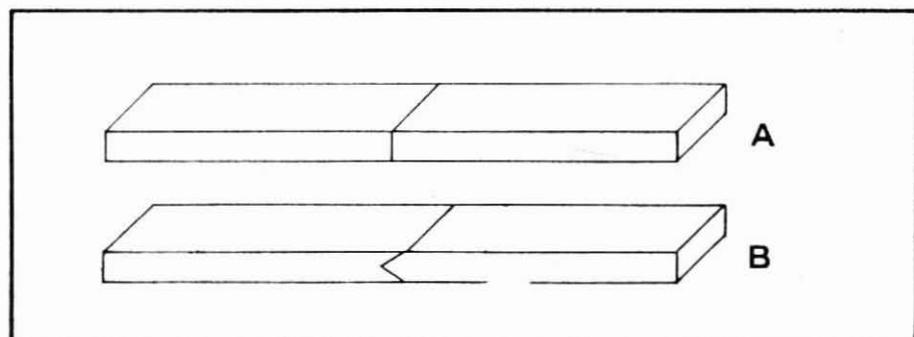
B: Unión a tope en cuña;

C: Unión en tope en 45 grados

De cada una de las muestras que se analizaron (20 en total) se obtuvieron 7 probetas y 3 testigos, lo que dio origen a 200 ensayos.

El material preparado se cortó en probetas de 5 cm de ancho en forma perpendicular a la unión, de esta forma el ensamble quedó en el centro de la probeta (Figura 2). A estas probetas se les determinó la resistencia a la flexión, de acuerdo con la norma DIN, en una máquina universal de ensayos.

FIGURA 2
EJEMPLO DE PROBETAS UTILIZADAS PARA LOS ENSAYOS DE FLEXION



A: Probetas con ensamble a tope recto.

B: Probetas con ensamble a tope en cuña.

RESULTADOS Y DISCUSION*Encolado y Prensado de las Muestras*

Luego de preparar ambos adhesivos para el encolado se observó que la Ureaformaldehído presentaba una viscosidad notablemente inferior a la del Polivinilacetato. Para comprobar este hecho y poder explicar posteriormente las posibles diferencias en las propiedades a medir, se realizó un determinación de viscosidad de acuerdo con el método DIN 53211. La tobera de salida escogida para el ensayo tenía un diámetro interior de 8 mm. Los tiempos medidos para ambos adhesivos se presentan en el Cuadro N° 1.

CUADRO 1**DETERMINACION DEL TIEMPO DE FLUJO, VISCOSIDAD EN SEGUNDOS DIN, CON LA COPA DIN 8 A 20 °C**

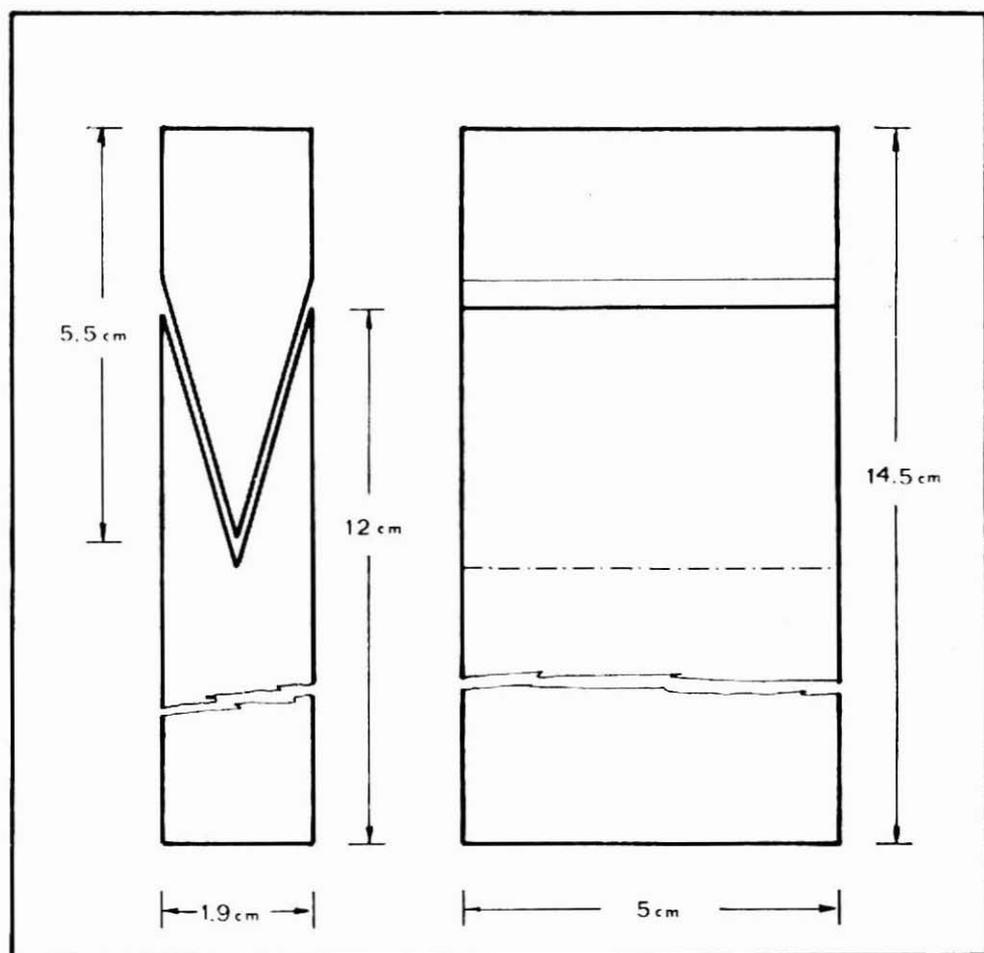
Adhesivo	Flujos (medidos en segundos DIN)					Media
	1	2	3	4	5	
Polivinilacetato	200	208	205	210	210	206,6
Ureaformaldehído	14,5	15,0	14,0	15,0	14,9	14,7

Durante el prensado de los ensambles en cuña se pudo observar que al aplicar presiones demasiado altas, el bisel ("macho") separó las capas externas del rebaje ("hembra"), produciéndose una grieta que se iniciaba en el vértice del rebaje y que se extendía por la capa media. Con el objeto de evitar este tipo de defecto, se determinó la presión con que se produce.

Para cumplir con este propósito se efectuó un ensayo de compresión aplicando la carga sobre la unión sin adhesivo. La posición de la probeta se grafica en la Figura 3, siendo las dimensiones de la cuña 5 cm de ancho y 5,5 cm de largo, medido desde el vértice a la base. En el caso del rebaje ("hembra") el ancho fue de 5 cm y el largo de 12 cm, medido desde el extremo exterior del perfil hasta su base. Los ensayos se llevaron a cabo en una máquina universal de ensayos, registrándose la carga al momento de producirse la separación de las capas medias.

El resultado de estos ensayos dio una resistencia promedio de 0,79 N/mm² con una máxima de 0,92 N/mm² y una mínima de 0,62 N/mm². Con este ensayo se pudo regular la presión máxima a aplicar a las uniones, la cual se mantuvo bajo el mínimo registrado (0,62 N/mm²).

FIGURA 3
ESQUEMA DE LA PROBETA Y DEL ENSAYO REALIZADO PARA DETERMINAR LA PRESION MAXIMA A APLICAR EN LAS UNIONES EN CUÑA



Otro defecto observado durante el prensado fue el traslapo que se produce en las uniones en 45 grados, al resbalar un adherendo sobre el otro. Esta falla fue inevitable pese a contar con puntos de apoyo en ambas caras del tablero.

Al realizar el prensado se observó un escurrimiento del adhesivo en todos los tipos de ensamble estudiados. Por este motivo y dada la forma y superficie interna de los perfiles, se estima que el aplicar cantidades superiores de adhesivo no implica necesariamente un mejoramiento de la resistencia de la unión.

Encolado con Polivinilacetato

El adhesivo se aplicó a través de una boquilla con presión sobre ambos perfiles de la unión. Durante el encolado no se observaron problemas y las cantidades de adhesivo dosificado se determinaron por diferencia de peso.

En general se pudo verificar que en las uniones en cuña los biseles "hembra" recibieron en promedio 15,5 gr de Polivinilacetato. En los "machos" se registró una cantidad levemente inferior, 12,7 gr. El promedio general por unión en cuña fue de 28,2 gr, lo cual, tomando en cuenta el largo de los ensambles, da una cantidad de 70,4 gr por metro lineal de unión.

En el caso de las uniones a tope recto se obtuvo un promedio general de 6,3 gr por cada adherendo, o bien 12,6 gr por unión, lo que corresponde a 31,3 gr por metro lineal.

Los ensambles a tope en 45 grados recibieron cantidades de adhesivo inferiores, con un promedio de 10,6 gr por unión o 5,3 gr por adherendo. En este tipo la cantidad de adhesivo por metro lineal fue 26,3 gr.

Cabe agregar que al considerar la superficie interna de los diferentes cortes, se pudo determinar que la cantidad de adhesivo fue de 0,12 gr/cm² en las uniones en cuña, 0,16 gr/cm² en las a tope recto y 0,10 gr/cm² en los ensambles en 45 grados.

Encolado con Ureaformaldehido

Al encolar con la mezcla de Ureaformaldehido se pudo comprobar que debido a su baja viscosidad la aplicación por medio de una boquilla y presión carecía de sentido. Con este procedimiento el adhesivo escurrió y no permaneció sobre los perfiles a unir. Por este motivo al encolar se utilizó una brocha. La cantidad de adhesivo recibida por los adherendos se calcularon por diferencia de peso, de la misma forma que en el caso de Polivinilacetato.

Los ensambles a tope en cuña recibieron una cantidad promedio de 23,3 gr de UF, lo que equivale a 58,3 gr por metro lineal de unión y a 0,10 gr/cm².

El promedio de adhesivo en las uniones a tope recto fue de 10,5 gr por muestra, 26,3 gr por metro lineal o bien 0,14 gr/cm².

En el caso de los perfiles a 45 grados, la cantidad promedio fue de 12,0 gr, lo que da una cifra por metro lineal de 30 gr. Lo anterior corresponde a 0,11 gr/cm².

Las cantidades de adhesivo con que fueron encoladas las muestras, salvo en el caso de los ensambles a 45 grados, fueron ligeramente inferiores a las logradas con PVC. Esto se debió fundamentalmente a la viscosidad de la mezcla de adhesivo, la que contenía una carga, harina de trigo y un catalizador (NH₄Cl) disuelto en agua. Por esta razón la cantidad efectiva de UF en la mezcla alcanzó a un 45% del peso.

Resistencia de las Uniones

Los resultados de los ensayos de flexión, módulo de rotura, se presentan en el Cuadro 2.

CUADRO 2

RESISTENCIA A LA FLEXION (módulo de rotura) DE LAS UNIONES MEDIDAS SEGUN DIN 52362

Tipo Unión/Adhesivo	Resistencia a la Flexión (N/mm ²)			
	Media	Máxima	Mínima	S
Testigos	16,76	19,19	13,62	1,42
En cuña/PVC	15,58	18,89	12,21	1,37
En cuña/UF	16,06	20,80	10,17	1,86
Tope recto/PVC	10,81	12,46	8,53	0,98
Tope recto/UF	10,59	13,36	7,94	2,04
45 grados/PVC	12,78	17,11	7,00	2,76
45 grados/UF	12,18	17,10	7,68	2,87

NOTA: S: Desviación estándar.

Uniones a Tope en cuña

Al examinar los valores de flexión y las cantidades de adhesivo incluidas en las uniones, no se apreció una relación directa entre ambos parámetros. Este hecho estaría indicando que la cantidad de adhesivo aplicada fue suficiente, y permitió alcanzar niveles de resistencia similares a las de los testigos.

El resultado obtenido con Ureaformaldehído (16,06 N/mm²) es levemente más alto que la resistencia promedio medida con Polivinilacetato (15,58 N/mm²), pese a que la cantidad efectiva de adhesivo es menor con UF, ya que se encuentra en menor concentración. Ambos resultados son semejantes a la media de los testigos (16,76 N/mm²), lográndose con Ureaformaldehído una resistencia equivalente a un 95,9% de la de los testigos, mientras que con Polivinilacetato se alcanzó a un 92,9% de ella.

Cabe agregar que las resistencias de las uniones en cuña con Ureaformaldehído registraron una mayor fluctuación de los valores, obteniéndose una desviación estándar superior. Por medio de los análisis estadísticos se constató que no existen diferencias significativas entre estas uniones y los testigos.

Uniones a Tope Recto y en 45 grados

Los valores expuestos en el Cuadro 2 permiten aseverar que al producir uniones donde el perfil de corte no considera alguna forma de apoyo mecánico de los adherendos, las propiedades del ensamble se ven afectadas negativamente. Esto se debe a que en estos casos es solamente el adhesivo el que otorga resistencia a la unión.

El análisis estadístico de los datos obtenidos permitió comprobar que tanto en el caso de las uniones a tope recto como en las a tope en 45 grados no existen diferencias significativas entre los adhesivos. El mismo análisis demostró que existen diferencias entre los dos tipos de ensamble.

Cabe destacar que en uniones a tope recto con UF, se registró una desviación estándar muy superior a la determinada con PVC. Esta diferencia en la dispersión de las resistencias se debe a la baja viscosidad de Ureaformaldehído, la cual provoca un encolado menos uniforme.

En las uniones a tope recto sólo se obtuvo una resistencia que en general es equivalente a un 64% de la de los testigos. Con los ensambles a tope en 45 grados tampoco se logró igualar la flexión de los testigos. Sin embargo, al poseer una superficie de contacto entre los adherendos superior a los cortes rectos, se alcanzó una flexión algo más elevada (75% de los testigos).

Es necesario destacar que pese a que la propiedad mecánica medida es significativamente mayor en el caso de los ensambles en 45 grados, el problema de su traslapo durante el prensado puede traducirse en un inconveniente sin solución práctica durante el procesamiento industrial de los tableros.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el estudio permiten concluir lo siguiente:

- La viscosidad de la mezcla de Ureaformaldehído con una carga (harina de trigo) y un catalizador (NH_4Cl) resultó ser demasiado baja (14,7 segundos DIN). El aumentar la viscosidad simplificaría el proceso de encolado y evitaría el escurrimiento del adhesivo. Desde el punto de vista de la viscosidad, el Polivinilacetato resultó ser más adecuado, registrándose un valor de 206,6 segundos DIN.
- Para obtener uniones resistentes se deben encolar ambas caras de los adherendos. La cantidad de adhesivo aplicada en las uniones en cuña es suficiente para lograr resistencias similares a la de los testigos. En el caso de los ensambles a tope recto y en 45 grados las resistencias fueron inferiores, debiéndose cambiar la formulación o el tipo de adhesivo.
- Al aplicar presiones demasiado altas a las uniones en cuña, se produce un grieta en el alma del tablero. La presión a utilizar debe ser igual o inferior a $0,62 \text{ N/mm}^2$.
- Al prensar los tableros con uniones en 45 grados se provoca un traslapo de los tableros. Este defecto resulta prácticamente imposible de controlar y conduciría a pérdidas considerables durante el lijado de los tableros.
- Las resistencias de los ensambles en cuña tanto con PVC como con UF son suficientes como para aplicar esta técnica industrialmente. Con este tipo de unión se logró recuperar más de un 90% de la resistencia del tablero normal.
- Las uniones a tope recto y en 45 grados dan resistencias que sólo alcanzan a un 64% y a un 75% de la de los testigos.

AGRADECIMIENTOS

Estos ensayos se llevaron a cabo gracias a la contribución de la Industria Maderas y Sintéticos S.A. (MASISA).

En el planteamiento de las variables a estudiar participó el Ingeniero Químico Sr. Cristián Westermeyer, y en los ensayos de laboratorio colaboró el Técnico Forestal Sr. Luis Inzunza.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. DIN. 1982. Normen für Holzfaserverplatten, Spanplatten, Sperrholz. Taschenbuch 60. Beuth Verlag GmbH. Berlin. 228 p.
2. DUPONT, W. 1961. Handbuch gegen Fehlverleimungen. Verlag und Fachbuchdienst Emmi Kittel. Augsburg. 243 p.
3. FESSEL, F. 1966. Verarbeitung. In Kollmann, F. 1966. Holzspanwerkstoffe. Springer verlag. Berlin. pp. 637-674.
4. GOLBS, H. FENTZAHN, F. 1956. Die Verarbeitung der Holzspanplatte im Möbelbau. Holz als Roh - und Werkstoff. 14 : 68-74.
5. OBERLEIN, A. 1961. Die Verarbeitung von Spanplatten im Möbel - und Innenausbau. DGfH-Bericht 1/1961. pp: 62 - 68.
6. POBLETE, H. 1978. Uniones de madera con adhesivos. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ingeniería Forestal. Publicación Técnica N° 1. 43 p.