

**UNIONES DE TABLEROS POR SUS CANTOS: EXPERIENCIAS A ESCALA INDUSTRIAL.**

Hernán Poblete W., Ingeniero Forestal, Dr. en Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Casilla 853. Valdivia - Chile. Víctor Maruri V., Jefe de Producción. Maderas y Sintéticos S.A. Casilla 1217. Concepción - Chile.

**INTRODUCCION**

En un estudio anterior se determinó, a nivel de laboratorio, que era posible unir tableros de partículas por sus cantos obteniéndose resistencias que equivalían a un 90% de las de tableros sin unir (POBLETE, 1988).

A continuación se entregan los resultados de experiencias realizadas en la industria Madera y Sintéticos S.A., en una línea de producción industrial de uniones de este tipo. En esta ocasión se estudiaron una serie de perfiles de unión y varias formulaciones de adhesivo y se seleccionó de ellos el tipo que más se adecuaba para la producción de estos ensambles.

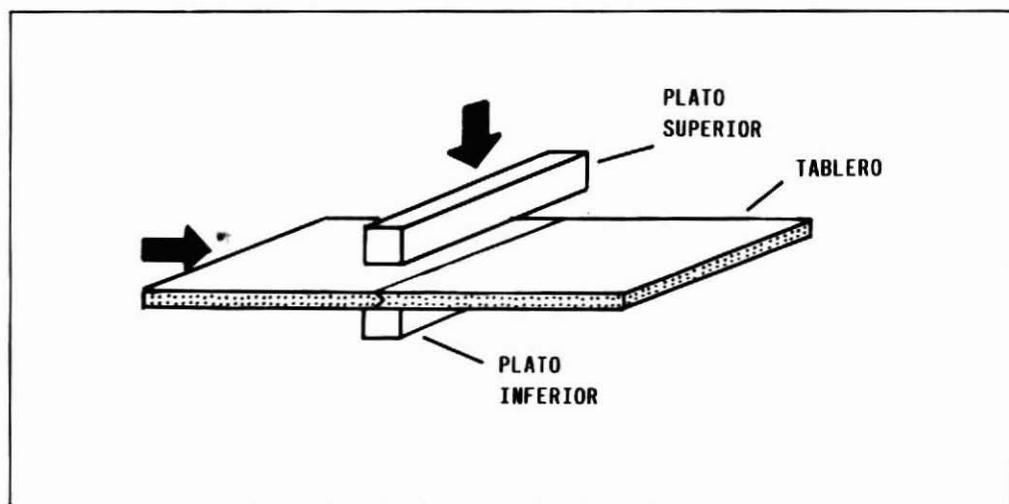
**MATERIAL UTILIZADO**

Los tableros utilizados para producir los ensambles correspondieron a porciones de placas normales (densidad 580-620 Kg/m<sup>3</sup>) de 19 mm de espesor. El formato de estos tableros era 152 cm x 121 cm y el ensamble se llevó a cabo en el canto de 152 cm de largo.

La confección de los perfiles de las uniones se realizó en una mesa de fresado especialmente diseñada para este efecto.

Para consolidar la unión se utilizó una prensa diseñada en MAPAL, con temperatura y accionada neumáticamente. La superficie de los platos cubría un área de 5 cm x 152 cm y se contaba además con la posibilidad de prensar las placas en forma paralela a la superficie del tablero. Un esquema del funcionamiento de la prensa se presenta en la Figura N° 1.

**FIGURA 1  
ESQUEMA DE TRABAJO DE LA PRESNA**



## ELECCION DEL ADHESIVO

Una etapa de los ensayos consideró el estudio de varios tipos y mezclas de adhesivo para poder seleccionar el más adecuado.

Dado que en el primer estudio se verificó que la mezcla de Ureaformaldehído, preparada como para producir contrachapados, presentó problemas de viscosidad y considerando que el flujo de producción no permitía un prensado de más de tres minutos, se buscó una mezcla de adhesivo que permitiera cumplir con las restricciones ya señaladas.

Entre los adhesivos estudiados se incluyeron los siguientes:

- Hotmelt 4/580 : Cera termoplástica fabricada por RAKOLL.
- Rakoll express 25 : Adhesivo de polivinilacetato fabricado por RAKOLL.
- Adelite 668 : Ureaformaldehído con un 68% de sólidos con  $\text{NH}_4\text{Cl}$  como catalizador (5 g/l).
- Mezcla de Ureaformaldehído : Ureaformaldehído producida por MAPAL (60% sol.) y Adelite 668 en proporciones de 1:1 con Formalina (2 ml/l) y  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (5 g/l) como catalizador.

El adhesivo Hotmelt 4/580 fue descartado por las bajas resistencias registradas en las uniones. Este adhesivo dio un promedio de Flexión (nódulo de rotura) de  $7,4 \text{ N/mm}^2$  mientras que los testigos, tableros normales no ensamblados, registraron un promedio de  $20,3 \text{ N/mm}^2$ .

En el caso de Rakoll express 25, si bien las resistencias fueron ligeramente superiores ( $10,3 \text{ N/mm}^2$ ), el fraguado del adhesivo era muy lento y no permitía una buena manipulación del material luego del prensado.

En los estudios realizados con los distintos adhesivos preparados con Ureaformaldehído se incluyó Adelite 668 por su mayor viscosidad y por lo tanto, mayor facilidad de aplicación. Sin embargo se pudo observar que este adhesivo al fraguar permanecía quebradizo.

La mezcla de Adelite 668 y Ureaformaldehído al 60% (MAPAL) con 2 ml/l de Formalina tampoco dio buenos resultados debido a su corta vida útil (pot-life) lo cual provocó, en algunos casos, el fraguado antes de su aplicación sobre el tablero.

Los resultados obtenidos con Ureaformaldehído en el primer trabajo revelaron que esta mezcla de adhesivo daba resultados adecuados pero irregulares (POBLETE, 1988). Por esta razón se preparó una nueva mezcla de adhesivo considerando las siguientes proporciones:

Ureaformaldehído (producida por MAPAL al 60%)	: 800 cc
Harina de trigo (como extendedor)	: 35 g
Alginato (como espesador)	: 10 g
Catalizador ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ al 25%)	: 20 cc
Formalina (como acelerador del fraguado)	: 6 cc

Con esta mezcla se obtuvieron los mejores resultados y fue la que finalmente se adoptó para la producción de las uniones.

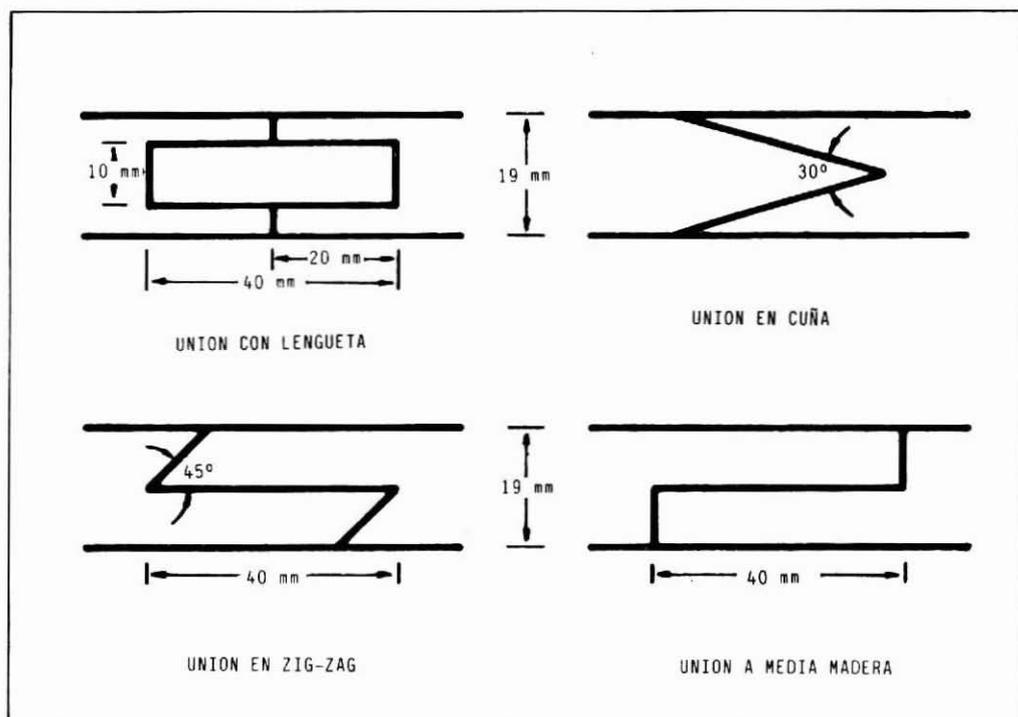
## ELECCION DEL PERFIL DE LA UNION

Paralelo a la elección del mejor adhesivo se probaron diferentes tipos de uniones de los cantos.

La primera etapa del estudio permitió descartar el uso de un ensamble a tope recto y en  $45^\circ$ , dejando como única posibilidad el ensamble en cuña (POBLETE, 1988). En la producción de las uniones a nivel industrial se probaron, aparte de la unión en cuña, uniones con lengüeta,

en zig-zag y empalme a media madera. Los ensayos se realizaron en tableros de 19 mm de espesor y los perfiles se encuentran graficados en la Figura N° 2.

**FIGURA 2**  
**TIPOS DE PERFILES Y DIMENSIONES DE ELLOS**



Inicialmente se pudo comprobar que los tableros no presentaban un corte recto, lo cual impedía efectuar un perfilado de iguales dimensiones a lo largo del fresado. Por este motivo se debió incluir en la mesa de fresado una sierra circular que corrigiera este defecto.

Para efectuar los cortes en los cantos se utilizaron diferentes tipos de fresas. La confección de perfiles que ajustaran adecuadamente presentó algunas dificultades, debidas principalmente a fallas en el diseño de las fresas.

Posteriormente se pudo comprobar que con algunos tipos de perfiles, principalmente en el tipo cuña, el período de servicio de la fresa era demasiado corto (2-3 horas). Este problema se debió a una adhesión de material en los biseles de la fresa y no a una pérdida de filo. El efecto de esta falla se tradujo en la obtención de uniones donde no había un ajuste correcto de los adherendos. Este tipo de inconveniente también se presentó en el caso de las uniones en zig-zag. Debe tenerse en cuenta que con los tableros procesados mientras las fresas se encontraban en buen estado, las propiedades de las uniones fueron similares a las de los testigos, tableros sin unión. Por este motivo se puede aseverar que mejorando el diseño y la calidad del material de las fresas se podría producir la unión de tableros con un ensamble a tope en cuña o en zig-zag.

Las uniones con empalmes a media madera dieron resultados aceptables. Sin embargo, el tipo de ensamble no era adecuado para la posterior manipulación del material. Para solucionar este problema se debió recurrir a un prensado más largo de la unión con el objeto de producir un fraguado más completo del adhesivo, lo cual se tradujo en pérdidas de tiempo innecesarias y redujo la capacidad de producción de la prensa.

En el caso de los ensambles con lengüeta se utilizó como elemento central una pieza de tablero de 10 mm de espesor cortado a un ancho de 40 mm. De esta forma, al producir el fresaado del tablero que se deseaba unir, se eliminó prácticamente toda la capa media del adherendo, introduciéndose en esta sección un elemento que porta dos capas externas de mayor densidad. Lo anterior contribuyó a mejorar las propiedades mecánicas de la zona incluida en la unión. Esta ventaja de los ensambles con lengüeta se vio sumada a una vida útil más larga de las fresas. Los elementos cortantes no presentaron los problemas que se observaron durante el corte de las uniones en cuña y en zig-zag.

Los ensayos realizados permitieron determinar que con las condiciones de prensado y con los tipos de adhesivos utilizados, el ensamble con lengüeta da los mejores resultados.

### **PRENSADO DE LAS UNIONES**

Al prensar para producir el fraguado del adhesivo se aplicaron inicialmente las presiones y temperaturas más altas que permitía el equipo utilizado. Con estas condiciones, 140°C y 8 a 10 Kg/cm<sup>2</sup>, y con tiempos de prensado de 1,5 min, se obtuvo uniones de buenas propiedades pero con algunos defectos en cuanto al aspecto del ensamble. La aplicación de temperaturas muy altas produjo un quemado de la superficie que estaba en contacto con el plato de la prensa, observándose además una variación en el espesor del tablero en esta zona. La franja de tablero de color más oscuro, producto del exceso de temperatura, era muy superficial y podría haber sido eliminada con un lijado de la superficie. La variación del espesor se debió a un cambio del contenido de humedad en la zona afectada por el prensado. Teniendo en cuenta lo anterior y considerando las observaciones efectuadas por otros autores (DUPONT, 1961), se pretendió corregir el cambio del espesor por medio de un almacenamiento más prolongado, que permitiera una estabilización de la humedad. Sin embargo el tratamiento dado al tablero provocó una variación del espesor no recuperable, fenómeno denominado "Springback", y la alteración del espesor permaneció aún después de varios días de climatizado.

Debido a lo anterior se procedió a probar con presiones y temperaturas inferiores y se compensó la disminución de estos parámetros con un tiempo de prensado más largo.

De las combinaciones de estas variables, los mejores resultados se obtuvieron con los siguientes parámetros:

Presión	: 0,8 Kg/cm <sup>2</sup>
Temperatura	: 130°C
Tiempo	: 3 min

Con estas condiciones se logró un notable mejoramiento en el aspecto de la unión, pese a ello el problema del hinchamiento no recuperable, aun cuando se vio disminuido no desapareció por completo.

### **LIJADO Y ENCHAPADO DE LOS TABLEROS UNIDOS**

Al quedar las uniones con un espesor diferente al resto del tablero y proceder al lijado se observó que esta máquina, por su diseño, copiaba el defecto y lo acentuaba. Este problema fue causado por la forma de trabajo de la lijadora. Mientras el tablero es transportado por los rodillos de alimentación los rodillos superiores lijan la superficie. Consecuentemente al tomar el

rodillo de transporte la parte hinchada de la unión, levanta el tablero produciéndose en la cara contraria un lijado más profundo y un defecto en forma de canal perpendicular al eje del tablero. Un cambio en el equipo de lijado evitaría este defecto.

La presencia de un mayor espesor en la zona del ensamble causada por las diferencias de contenido de humedad durante el encolado y prensado, obligó a recurrir a un método que provocara una estabilización completa del tablero. Para lograr este objetivo se prensaron los tableros ya unidos en una prensa de platos diseñada para la fabricación de contrachapados.

El diagrama de prensado utilizado fue similar a los ocupados para la producción de contrachapados, vale decir, se mantuvieron constantes la presión y la temperatura durante un período de tiempo determinado. El efecto de este estabilizado se tradujo en la eliminación de la zona hinchada y el producto obtenido era adecuado para su posterior enchapado. Las condiciones de este prensado fueron las siguientes:

Presión	: 12 Kg/cm <sup>2</sup>
Temperatura	: 130°C
Tiempo	: 5 minutos

Los tableros unidos con las condiciones seleccionadas anteriormente (ensamble con lengüeta, encolado con mezcla de Ureaformaldehído, y estabilizados en prensa para contrachapados), fueron enchapados con láminas de Eucalipto de 0,6 mm de espesor y con tulipas de Tapa de 1 mm de espesor.

Al enchapar las placas con láminas de eucaliptus sin producir un estabilizado en prensa, se produjo una falla en la superficie en forma de una sombra a lo ancho del tablero sobre la unión. Esto se debía a la diferencia en el espesor provocada por el lijado de la zona hinchada.

Cuando se procedió a enchapar el material que había sido sometido a un estabilizado en prensa, la unión provocó sólo en algunos casos una falla con la forma de una línea muy delgada, más oscura que la madera. Este defecto fue similar al producido por una melladura del cuchillo sobre la chapa durante el foliado.

## RESISTENCIA A LA FLEXION DE LAS UNIONES

Los resultados obtenidos con el empalme a media madera dieron una resistencia que fue 10 N/mm<sup>2</sup> más baja que la de sus testigos. Esta disminución, junto a las dificultades que presentaba la manipulación de los tableros, fueron las causas principales para desechar su utilización.

Con el ensamble a tope en cuña se lograron resistencias muy similares a las de los testigos. La desventaja más notable de este tipo de uniones reside en la vida útil más corta de las fresas que producen el perfil de la unión, causada por una adhesión de material en los biselados, tal como se mencionara anteriormente.

En el caso de las uniones con lengüeta se presentan en el Cuadro 1 las flexiones obtenidas en tableros desnudos y enchapados, cuando aún no se definía el tipo de adhesivo ni el ciclo de prensado a utilizar. La comparación de estos resultados permite comprobar que un gran porcentaje de la resistencia es aportado por la lámina de madera que cubre las caras. Los resultados del Cuadro 1 demuestran además, que la resistencia de las uniones es menos variable que en el caso de los testigos, lo cual demuestra que la forma en que se realizó el encolado de la unión era adecuada.

En la última línea de resultados del Cuadro 1, se entregan los valores de flexión determinados en los tableros enchapados unidos con lengüeta y producidos con las condiciones definitivas de prensado y con la mezcla elegida de Ureaformaldehído.

En la Tabla 1 se entregan las resistencias registradas durante el trabajo.

**TABLA 1**

**RESISTENCIA A LA FLEXION (MODULO DE ROTURA) DE LAS UNIONES PRODUCIDAS CON UNA MEZCLA DE UREA FORMALDEHIDO PRODUCIDA POR MAPAL, ADELITE 668, FORMALINA Y CLORURO DE AMONIO**

Tipo Unión	Enchapado Eucalipto 0,6 mm	FLEXION			
		Promedio (N/mm <sup>2</sup> )	Máxima (N/mm <sup>2</sup> )	Mínima (N/mm <sup>2</sup> )	Des. Est. (s)
A media Madera	si	28,59	32,40	23,30	2,96
Testigo	si	38,07	42,70	36,20	1,81
a Tope en Cuña	si	33,10	38,40	26,60	2,89
Testigo	si	35,02	39,60	31,60	3,09
con Lengüeta	no	9,65	13,80	7,80	2,14
Testigo	no	18,51	21,30	16,30	1,45
con Lengüeta	si	30,85	36,90	26,90	2,54
Testigo	si	32,16	42,90	20,40	6,09
con Lengüeta (*) definitivo	si	36,63	41,10	32,50	2,47

(\*) En este caso se trata de la mezcla definitiva de adhesivo, Ureaformaldehído producida por MAPAL, Harina de trigo, Alginato, Catalizador y Formalina.

En este caso la propiedad mecánica se vio notablemente mejorada y fue superior a los testigos de otros ensayos. Cabe agregar que los valores de hinchamiento y absorción de agua de esta serie se vieron disminuidos con respecto a los testigos. En este sentido el hinchamiento a dos horas se redujo de 16,2% (testigos) a 14,9% (uniones) mientras que la absorción a dos horas disminuyó de 87,7% a 72,9%.

Los resultados obtenidos al enchapar placas con láminas de 0,6 mm de espesor se vieron superados, desde todo punto de vista, por aquellas que se cubrieron con tulipas de 1 mm de espesor. En este último producto las caras no presentaban ningún tipo de falla y la unión era prácticamente imperceptible.

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

1. DUPONT, W. 1961. Handbuch gegen Fehlverleimungen. Verlag und Holzfachbuchdienst Emmi Kittel. Ausburg. 243 p.
2. POBLETE, H. 1988. Resistencia a la Flexión de tableros de partículas unidos por sus cantos. Ciencia e Investigación Forestal 2(3): 81-89.