

ENSAYOS DE TIEMPOS ABIERTOS Y PRESIONES DE TRABAJO EN ENCOLADO DE *Pinus taeda* L. CON ADHESIVOS POLIVINÍLICOS (PVA)

TEST ON DIFFERENTS OPENED TIMES AND WORKING PRESSURE WITH PVA BONDING IN *Pinus taeda* L. LUMBER

Gabriel Darío Keil ¹
Marcelo Marek ²

Fecha de recepción: 20/05/2003

Fecha de aceptación: 30/09/2009

1. Ingeniero Forestal Magister Scientiae, Docente-Investigador, Xilotecología e Industrias de Transformación Mecánica, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. Edificio Bosques, Diagonal 113 N° 469 (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina. E mail: indforest1@ceres.agro.unlp.edu.ar.

2. Ingeniero Forestal, Docente-Investigador, Industrias de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. Bertoni N° 124 (3380) Eldorado, Misiones, Argentina. E mail: marcelo_marek@hotmail.com.

SUMMARY

Adhesive bonding of wood is the key factor in an efficient utilization of timber in the modern industry of mechanical transformation. However, given the complexity and the great quantity of adhesives formulations and the processes, it is necessary to make an analytic evaluation of the main characteristics of the process. The objective of this work was to evaluate the strength of glue links by normalized breakage testing in glued timber products of pine (*Pinus taeda*), produced with two PVA glues using four different open assembly times and three pressure levels. According to the results, no significant differences between both glues (PVA-multibond and PVA-isocianato) were found; both of them had a good behaviour. Best results were obtained applying pressure levels of 10 and 15 Kg/cm², and open assembly times of 3, 6 and 9 minutes, respectively.

Key words: PVA, pine, breakage testing, pressure, open assembly time.

RESUMEN

La unión por adhesión es el factor clave para la eficiente utilización de la madera en la industria moderna de transformación mecánica. Dada la complejidad y la gran cantidad de formulaciones de adhesivos y de procesos, es necesario realizar una evaluación analítica de las principales características que intervienen en el proceso. El objetivo del trabajo fue evaluar la resistencia de las uniones de cola mediante ensayos de corte, en un producto de madera maciza encolada de pino (*Pinus taeda*), producidas con dos adhesivos del tipo PVA, empleando cuatro tiempos abiertos y tres valores de presión de trabajo. Para las condiciones de ensayo no existieron diferencias significativas entre los dos adhesivos ensayados (PVA-multibond y PVA-isocianato), con un buen comportamiento de ambos. Los mejores resultados se obtuvieron al emplear presiones de 10 y 15 kg/cm² y tiempos abiertos de 3, 6 y 9 minutos, respectivamente.

Palabras clave: PVA, pino, ensayo de corte, presión, tiempo de abierto.

INTRODUCCIÓN

El uso creciente de los tableros y piezas encoladas de pino ha avanzado en un segmento importante del mercado, mostrando una buena aceptación por parte de los consumidores, suponiendo un incremento en el consumo para el futuro. La resistencia al uso de este tipo de producto se debió, fundamentalmente, a fallas de la unión encolada originadas por distintos motivos.

Según el FOREST PRODUCT LABORATORY (1987), la unión por adhesión es el factor clave para la eficiente utilización de la madera en la moderna industria de transformación mecánica. Tal es la importancia de los adhesivos en la industria de la madera, que de su desarrollo científico ha dependido la evolución de los procesos complementarios como el prensado y los sistemas de aplicación de adhesivos entre otros (MALONEY, 1990).

La madera de pino presenta algunas limitaciones técnicas a la unión con adhesivos, originada por su alta porosidad y baja densidad, ya que eso incide en la movilidad del adhesivo y en la formación y resistencia de la línea de cola (MARRA, 1992).

TSOUMIS (1991), menciona las diferencias entre leño temprano y tardío, juvenil y adulto como factores importantes que deben ser considerados en el

encolado de maderas proveniente de especies de rápido crecimiento. En el sentido de viabilizar el uso de estas especies, BENDSTEN (1978) sugiere que los conceptos tradicionales deben ser adaptados a las características de la materia prima.

De acuerdo con SELLERS (1985) y BALDWIN (1993), los factores básicos que interfieren en el proceso de encolado de madera varían con la misma madera, con el adhesivo y las condiciones de encolado. Es allí donde se presenta la calidad del proceso de encolado, como un proceso que debe ser llevado adelante según un código de buenas prácticas y siguiendo las recomendaciones de los fabricantes y de la literatura técnica.

Además, influyen sobre la calidad de encolado, la terminación superficial o calidad del cepillado, el contenido de humedad de la madera de la pieza y diferencia entre las piezas a unir, el método de aplicación del adhesivo, la consistencia del mismo, el tiempo de exposición de la superficie cepillada al aire y el grado de impurezas de la superficie. Dichos factores deberán optimizarse durante la producción, ya que así se reducen las causas de potenciales fallas de encolado (CHUGG, 1964; ACE CO MANUFACTURING, 2000).

La calidad del proceso de encolado, toma mayor relevancia durante producción a escala de planta, donde el mismo resulta más difícil de ser controlado, comparado con un ensayo de laboratorio, motivo por lo cual en algunos países se han establecido normas al respecto para documentar las condiciones y tiempos del proceso (IRAM 45057, 2002; OTTO GRAF INSTITUTE, 2005).

La selección del adhesivo depende del uso final del producto. El adhesivo Polivynil Acetado (PVA) es empleado en productos para uso interior, debido a su color transparente, facilidad de uso, menores tiempo de prensado y ausencia de solventes que puedan afectar el la salud y el ambiente.

La presión aplicada tiene varios objetivos, ya que fuerza la salida del aire de la junta, acerca las superficies de las maderas para un íntimo contacto con el adhesivo, presiona el adhesivo para lograr una capa fina, continua y de espesor uniforme y mantiene en posición a las piezas durante el fraguado de la cola (FOREST PRODUCT LABORATORY, 1987).

La expectativa de un adhesivo es que mantenga unidos a dos piezas, en este caso de madera. Sobre esto se realizan las pruebas o ensayos y existe una gran variedad de métodos para su estudio, particularmente de las uniones encoladas como corte, tensión, clivaje y pelado o *peeling*, realizadas bajo determinadas condiciones de temperatura y humedad relativa del ambiente, durante un cierto tiempo (ASTM D 950b, 1954).

El corte resulta de fuerzas aplicadas paralelas a la línea de cola, la tensión en forma perpendicular, el clivaje o rajadura de la separación a lo largo de la línea de cola por efecto de una cuña o fuerza similar y el pelado con fuerzas que tienden a separar una

parte flexible de otra parte rígida o flexible (ASTM D 950b, 1954).

Los parámetros utilizados para estimar el potencial comportamiento de la unión son: resistencia, falla de la madera y delaminación.

El mejor comportamiento se produce cuando una unión es más fuerte que la misma madera, con la falla de madera superior al 75% de área de rotura y delaminación de la junta menor de 5% en coníferas y 8% en latifoliadas, bajo severas condiciones de servicio (ASTM D 950b, 1954).

Generalmente las pruebas se realizan con el corte paralelo al grano, debido a que la resistencia de los adhesivos supera a la del leño en este sentido. El máximo potencial de resistencia del adhesivo no es utilizado, particularmente en coníferas (ASTM D 143, 1972).

De este modo, un consistente nivel de falla de madera, sobre el 75-85%, significa que la resistencia asociada con este promedio de falla de madera, son buenos estimadores de la capacidad de carga de la junta. Altos valores de resistencia al corte y de falla de la madera son indicadores suficientes de la resistencia de la unión encolada (ASTM D 2559, 1976).

Para las condiciones del ensayo se planteó como hipótesis de trabajo que diferentes adhesivos originaban valores diferenciales de resistencia en las uniones de cola y que estas diferencias, además de las características intrínsecas de los adhesivos, también están asociadas a distintos tiempos de abierto en el encolado de las tablas y a distintos valores de presión aplicados en la prensa durante la fabricación del producto encolado.

El objetivo del trabajo fue evaluar la resistencia de las uniones de cola mediante ensayos de corte paralelo a las fibras, en productos de madera maciza encolada de pino (*Pinus taeda*) producidas con dos colas provenientes del mercado local (Provincia de Misiones, Argentina), empleando cuatro tiempos de abierto y tres valores de presión.

MATERIALES Y METODOS

Materiales

Madera: Se emplearon tablas con caras tangenciales o floreadas, de grano recto y libre de defectos, de la especie *Pinus taeda* L. proveniente de una empresa de remanufactura de la Provincia de Misiones. Esta madera es de densidad media, entre 500 y 550 kg/m³. En la industria, esta especie es empleada en la producción de madera saneada a partir de uniones *finger Joint*.

Adhesivos: Los adhesivos empleados fueron de tipo polivinílico, provistos por empresarios y representantes locales de las marcas (Provincia de Misiones, Argentina). Se trabajó con dos adhesivos con base de Acetato de Polivinilo (PVA), cuyas características son su color blanco, pH 7,5 ± 1, densidad 1,3 ± 0,05, porcentaje de sólidos 58 ± 3 %,

viscosidad de 6000, recomendado para trabajar a 25°C y a 6 rpm. Se verificó que los mismos mantenían sus propiedades originales de fábrica. Los adhesivos utilizados fueron los siguientes: PVA-multibond (Borden) y PVA-isocianato (Fuller).

El agente *crosslinking* (isocianato) tiene las siguientes características: es de color marrón oscuro, densidad $1,2 \pm 0,05$, porcentaje de sólidos 8 % y viscosidad de 100 ± 5 .

Prensa: Se utilizó una prensa de marca CIFIC, del tipo hidráulica de platos calientes, capaz de trabajar hasta 30 toneladas y tamaño de platos de 420 x 420 mm. La misma tiene accionamiento manual y medición por manómetro analógico.

Máquina de ensayos: La máquina de ensayos utilizada fue de tipo Universal, marca CIFIC, capaz de trabajar hasta 10 toneladas. La misma trabajó conectada a un gabinete de trabajo y control con cuatro escalas de operación (1, 2, 5 y 10 Mg) que permiten apreciar cargas mínimas de 2,5 kg. Posee cilindro inscriptor de curvas de flexión y compresión (fuerza - deformación).

Otros equipos e instrumentos: Además se utilizaron: calibre de mano, termómetro, higrómetro, pinceles, balanza de precisión, higrómetro y cepilladora.

Área de trabajo: El área de trabajo fue el laboratorio de Tecnología de la Facultad de Ciencias Forestales, donde se estacionó la madera durante 30 días a una humedad de equilibrio del 12 %, con temperaturas entre 20 y 25°C y humedades relativas entre el 60 y 65%.

Métodos

Acondicionamiento de la madera: La madera fue seleccionada, tratando de unir siempre el mismo tipo de leño. Fue acondicionada en laboratorio, con un contenido de humedad de equilibrio higroscópico del 12%, durante 30 días.

Preparación y encolado de la madera. La madera fue cepillada a las medidas definitivas a menos de 24 horas antes del encolado, según lo aconseja la bibliografía para evitar la migración de exudados, oxidación de la madera y deposición de polvo. La calidad del cepillado está definida por la cantidad de golpes por pulgada, que en todas ellas fueron superiores a 9, por lo que las tablas presentaban una superficie de encolado óptima. El encolado se realizó en forma manual, con pinceles de 25,4 mm de ancho. Se respetaron las especificaciones técnicas aconsejadas por el fabricante tales como relación adhesivo catalizador, tiempo de vida útil de la mezcla y dosis. La dosis fue determinada en base a la relación peso/superficie y por diferencia de pesadas, siendo de 200 gr/m². Dado que se ensayaron distintos valores de tiempo abierto, es importante destacar que al momento del encolado la temperatura fue de 25°C y humedad relativa del 60%, registradas mediante termómetro de bulbo seco e higrómetro de cabello, respectivamente.

Armado y prensado: Las medidas finales de los listones fueron de 420 mm de longitud, 50 mm de ancho y espesores de 31 y 19 mm, de modo que al unirlos se obtuvieron listones encolados de 50 x 50 x 420 mm, acorde a las dimensiones de la prensa a utilizar. Se buscó minimizar la cantidad de prensadas, para lo cual se logró incluir los tratamientos de diferentes adhesivos y diferentes tiempos de abierto en una misma prensada. Es decir que se hicieron solamente tres prensadas, con distintas presiones en cada uno. El tiempo de prensado fue de 4 horas, superior al aconsejado por la bibliografía, pero que facilitaba las operaciones prácticas. El tiempo transcurrido entre el encolado/prensado y la mecanización para lograr las probetas fue de 14 días, superior al que exige la literatura y el fabricante del adhesivo, al 12% de contenido de humedad de equilibrio higroscópico.

Ensayos mecánicos: El ensayo empleado fue el de corte por la línea de cola, recomendado por la norma ASTM D-1037 y el método D-905, excepto en las dimensiones de la probeta. La probeta utilizada correspondió a dos piezas encoladas, la mayor de 63 mm de altura, 50 mm de ancho y 19 mm de espesor; siendo la menor de 50 mm de altura, 50 mm de ancho y 31 mm de espesor. El empleo de este tipo de probeta se debió a que la máquina Universal de ensayos empleada posee mordazas para ensayos de corte en madera maciza, aplicando la norma ASTM D-143 (1972). La carga se aplicó a través a asiento autoalineable, a los fines de asegurar una distribución uniforme de la misma, a una velocidad de 0,6 mm/minuto. Este ensayo dio como resultado la tensión de rotura de corte, basada en la carga máxima, el área de solapamiento de las dos láminas y el porcentaje de fibras falladas, todo para cada probeta ensayada. El método utilizado fue el indicado en la norma ASTM D-2559 (1976), que establece que la proporción de madera fallada dependerá del uso del producto encolado (interior o exterior) y que para productos laminados estructurales debe ser mayor que el 75% (TSOUMIS, 1991).

Análisis de los resultados y diseño experimental: El método de análisis estadístico adoptado fue factorial según el siguiente esquema:

- adhesivo, con dos niveles: PVA-multibond y PVA-isocianato
- presión de la prensa, con tres niveles: 5, 10 y 15 kg/cm²
- tiempo de abierto, con cuatro niveles: 3, 6, 9 y 12 minutos

La respuesta (variable dependiente) fue la tensión de rotura (kg/cm²) en el ensayo de corte paralelo a las fibras, siendo ésta el cociente entre la carga de rotura aplicada sobre la línea de cola y la superficie de contacto entre las dos láminas en cada probeta. Se realizaron 24 tratamientos, con cinco repeticiones en cada condición de ensayo, ensayándose a rotura un total de 120 probetas. Como variable auxiliar fue relevada la proporción de falla

del leño, como un factor para evaluar la calidad de la unión.

RESULTADOS Y DISCUSION

Falla del leño

Más del 95 % de las roturas se produjeron por falla del leño en valores cercanos al 100 % de la superficie ocupada por la línea de cola, por lo que estaría indicando que ambos adhesivos presentaron un buen comportamiento al ser ensayados en seco, sin tratamientos especiales, según TSOUMIS (1991).

QUAGLIOTTI ESTRADÉ (2007), estudiando la misma especie, empleando PVA isocianato y en condiciones similares de ensayo, 65% de humedad relativa y 20 °C de temperatura, registró un porcentaje de fallas ligeramente menor, del 69 %.

Eucalyptus grandis presenta valores superiores de porcentaje de falla en madera (87%) comparado con los pinos, (64% y 66% para *Pinus taeda* y *P. elliottii*, respectivamente), cuando se los ensayó en condiciones secas, (QUAGLIOTTI ESTRADÉ, 2008).

Del mismo modo, LISPERGUER & ROZAS (2005), concluyen que los paneles a base de *Eucalyptus* presentan en promedio propiedades mecánicas de resistencia al cizalle superiores en un 35% con relación a paneles unidos de canto, fabricados a base de madera adulta de *Pinus radiata*, para condiciones de uso interior. En estos ensayos la madera de *P. radiata* falla antes de alcanzar los requerimientos mínimos de la norma EN 204,

situación que no ha ocurrido con la madera de *Pinus taeda* del presente ensayo.

Tensión de rotura al corte

En la tabla 1 se muestran los valores correspondientes al análisis de la varianza para los tres factores de estudio.

El análisis de la varianza señala que existieron diferencias significativas entre las distintas presiones de trabajo y entre los distintos tiempos de abierto empleados, no existiendo diferencias significativas entre los adhesivos ensayados, para el 95% de confianza.

En la tabla 2 se muestra el test de rangos múltiples para el factor adhesivo según los valores de tensión de rotura.

En la tabla 2 se observan que no existieron diferencias entre los adhesivos PVA-multibond y PVA-isocianato, con valores de tensión de 70 kg/cm², característico de las maderas de la especie ensayada.

La mayoría de los adhesivos tienen la capacidad de adherir la madera, pero su comportamiento satisfactorio dependerá de los siguientes factores: compatibilidad físico-química del adhesivo y del producto a encolar, requerimientos del proceso, propiedades mecánicas, facilidad de su uso, durabilidad, color y costo (CHUGG, 1964). Por lo que al no haber diferencias técnicas entre estos dos adhesivos, la decisión sobre el uso de uno u otro debería pasar por aquel de menor costo en el mercado, según las condiciones del ensayo. La tabla 3 muestra el test de rangos múltiples para el factor presión en la prensa.

Tabla 1: Análisis de la varianza para tensión de rotura.

Table 1: Variance Analysis for stress of breakage.

Factores	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor de "F"	Valor de "p"
Adhesivos	52,12	1	52,12	0,38	0,5383
Presión de trabajo	3216,76	2	1608,38	11,76	0,0000*
Tiempo de abierto	7121,98	3	2373,99	17,36	0,0000*

Muestra diferencias estadísticamente significativas para $q \leq 0,05$.

Tabla 2: Test de rangos múltiples para tensión de rotura por adhesivo.

Table 2: Multiple range test for stress of breakage by adhesive.

Adhesivo	Cantidad	Media (kg/cm ²)	Grupos homogéneos
(PVA-isocianato)	60	70,52	a
(PVA-multibond)	60	71,88	a

Letras distintas muestran diferencias estadísticamente significativas para $q \leq 0,05$.

Tabla 3: Test de rangos múltiples para tensión de rotura por presión.

Table 3: Multiple range test for stress of breakage by pressure.

Presión (kg/cm ²)	Cantidad	Media (kg/cm ²)	Grupos homogéneos
5	40	63,80	a
10	36	74,80	b
15	39	75,01	b

Letras distintas muestran diferencias estadísticamente significativas para $q \leq 0,05$.

En la tabla 3 se observa que no existieron diferencias entre los valores de presión mayores (10 y 15 kg/cm²), donde los valores de tensión de rotura se ubicaron en los 75 kg/cm². Con 5 kg/cm² de presión los valores de tensión de rotura fueron significativamente más bajos, alrededor de 10 kg/cm² menos que los obtenidos con mayores valores de presión.

El empleo de una presión de 10 kg/cm² sería el adecuado para la formación de este tipo de producto, concordando con TSOUMIS (1991), quien recomienda presiones entre 7 y 10,5 kg/cm² para lograr una junta fuerte. Además, desde el punto de vista operativo, es aconsejable trabajar con presiones cercanas a esos valores, ya que son las exigencias de los equipos y sistemas hidráulicos.

QUAGLIOTTI (2007), estudiando la misma especie, empleando PVA isocianato con una carga de adhesivo de 250-300 g/m² y en condiciones similares de ensayo, también obtuvo resultados satisfactorios empleando una presión de 10 kg/cm². La tabla 4 muestra el test de rangos múltiples para el factor tiempo de abierto una vez encolada la pieza de madera.

En la tabla 4 se observan que no existieron diferencias entre los valores de tiempo de abierto menores (3, 6 y 9 minutos), donde los valores de tensión se ubican entre 72 y 78 kg/cm². Con 12 minutos de abierto los valores de resistencia al corte que ofrece la pieza encolada son significativamente más bajos, alrededor de 20 kg/cm² menos que los obtenidos con menores tiempos de abierto.

Los tiempos de prensado dependen fundamentalmente del adhesivo, además de las condiciones de la madera y de la temperatura y humedad relativa del ambiente, del espesor y de las características intrínsecas de la madera, como absorción y densidad, y de la misma prensa (ASTM D 950a, 1954).

Esto está indicando que no se debería exceder de los 9 minutos de abierto, para lograr una buena línea de cola con temperaturas de 25°C y humedad relativa del 60% en el local de armado del producto encolado. Teniendo en cuenta que a medida que este tiempo se acorta, aumenta la resistencia de la línea de cola.

Tabla 4: Test de rangos múltiples para tensión de rotura por tiempo de abierto.

Table 4: Multiple range test for stress of breakage by opening time.

Tiempo (minutos)	Cantidad	Media (kg/cm ²)	Grupos homogéneos
12	29	58,13	a
9	28	72,23	b
6	30	76,21	b
3	28	78,23	b

Letras distintas muestran diferencias estadísticamente significativas para $q \leq 0,05$.

CONCLUSIONES

Para las condiciones de ensayo no existieron diferencias significativas entre los dos adhesivos empleados (PVA-multibond y PVA-isocianato). El alto porcentaje de roturas del leño en los ensayos de corte, indicó un buen comportamiento de ambos adhesivos.

Los mejores resultados se obtuvieron empleando presiones de trabajo de 10 y 15 kg/cm² y tiempos de abierto de 3, 6 y 9 minutos. No siendo recomendables el uso de bajas presiones de trabajo (5 kg/cm²), ni grandes tiempos de abierto (12 minutos).

AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero Forestal Obdulio Pereyra, responsable del Laboratorio de Tecnología de la Madera y a las autoridades de la Facultad de Ciencias Forestales, UNAM. Al señor Luis Henn, Director de HENTER I.C.S.A. por el aporte de los adhesivos ensayados y sus vastos conocimientos sobre el tema.

BIBLIOGRAFIA

- ACE CO MANUFACTURING. (2000). "Industrial wood tooling 2000: Catalog & technical manual". Ace Co Precision Wood Tooling. Idao, USA. 155pp.
- ASTM D 950-54 (a). (1954). "Impact Streght of adhesives". 25pp.
- ASTM D 950-54 (b). (1954). "Estandard method of test for stregnht properties of adhesives bonds in shear by compression loading". 35pp.
- ASTM D 1037-72. (2006). "Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials". 38pp.
- ASTM D 143-72. (1972). "Standard method of testing small clear specimen of timber". 38pp.
- ASTM D 2559-76. (1976). "Standard specification for adhesives for structural laminated wood products for use under exterior (wet use) esposure conditions". 35pp.
- BALDWIN, R. F. (1995). "Plywood manufacturing practices". San Francisco: Miller Freeman. 388 pp.

- BENDSTEN, B. A. (1978). "Properties of wood from improved and intensively managed trees". *Forest Products Journal*, Madison, v. 28, p. 61-72.
- CHUGG, W. (1964). "GLULAM: The theory and practice of the manufacture of glued laminated timbers structures". London. Ed. Ernest Benn Limited. 153pp.
- FOREST PRODUCT LABORATORY. (1987). "Wood Handbook: Wood as an engineering material". Agric. Handb. 72. Washington, DC: U:S: Department of Agriculture, rev. 1987, 466pp.
- IRAM 45057. (2002). "Adhesivos para maderas y derivados, de uso no structural. Determinación de la resistencia a la cizalladura por tracción de juntas solapadas". 16 pp.
- LISPERGUER, M. J. y Rozas, M. C. (2005). "Paneles unidos de canto y contrachapados fabricados con madera de *Eucalyptus nitens*". *Revista BOSQUE*. Concepción, Chile. 26(3): 75-79.
- MALONEY, T. M. (1997). "Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing". 3° Ed, Miller Freeman Publications, USA. 145pp.
- MARRA, A. A. (1992). "Technology of wood bonding". New York: Van Nostrand Reinhold. 453pp.
- OTTO GRAF INSTITUTE. (2005). "Curso de Encolado estructural de maderas". Lehagang-Kleben Tragender Holzbauteile I. Materialprüfungsanstalt MPA. Universidad de Stuttgart, Alemania. Enero de 2005.
- QUAGLIOTTI ESTRADÉ, S. (2007). "Evaluación de la resistencia a la adhesión y falla en madera de *Eucalyptus grandis*, *Pinus taeda*, *Pinus elliottii*, *Cedrela sp* (Cedro) y *Tabebuia ipe* (Lapacho)". Departamento de Proyectos Forestales. LATU. Nota Técnica N° 9. Montevideo. 10pp.
- QUAGLIOTTI ESTRADÉ, S. (2008). "Evaluación de la resistencia al cizallamiento por compresión y falla de la madera de uniones encoladas en madera nacionales e importadas". Departamento de Proyectos Forestales. LATU. Nota Técnica N° 10. Montevideo. 14pp.
- SELLERS, T. (1985). "Plywood and adhesive technology". New York: Marcel Dekker. 661pp.
- TSOUMIS, G. (1991). "Science and Technology of Wood: Structure, properties, utilization". New York: Van Nostrand Reinhold. 494pp.