

# DETERMINACIÓN DEL ADHESIVO ÓPTIMO EN LA FABRICACIÓN DE VIGAS DE BAMBÚ (*Guadua angustifolia*)

## PROCEDURE TO DETERMINE THE OPTIMUM ADHESIVE FOR MANUFACTURING TIMBER OF BAMBOO (*Guadua angustifolia*)

HÉCTOR A. GÓNZALEZ<sup>1</sup>, STEFFEN HELLWIG<sup>2</sup>, JORGE AUGUSTO MONTOYA<sup>3</sup>

### PALABRAS CLAVE:

Cizalladura, desencolado, guadua, pegante.

### KEYWORDS:

Delaminating, glue, guadua, shear.

### RESUMEN

*Esta publicación presenta diferentes procedimientos para la selección del mejor adhesivo entre varios pegantes, que permita una buena calidad en la unión de la línea de encolado en laminados de Guadua angustifolia Kunth, usada en la construcción de vigas estructurales. La metodología busca conocer la firmeza mecánica y la durabilidad de la unión encolada de tablillas de Bambú. Como primer criterio se investigó cual de ellos presentaba menor falla en la línea de encolado después de ser sometido al ensayo de desencolado (DIN EN 391) y como segundo criterio se investigó el mejor cumplimiento al esfuerzo de cizalladura (DIN EN 392) de la unión encolada. Los adhesivos con mejores resultados fueron el Melamin Harzleim y el Recorcin Harzleim.*

### ABSTRACT

*This publication presents different procedures for the selection of the best glue between several glue, it that allows a quality good in the union of the glue line in the laminated of Guadua angustifolia Kunth", it is used in the construction of structural beams. The methodology seeks to know the*

---

Recibido para evaluación: Febrero 6 de 2009. Aprobado para publicación: Mayo 5 de 2009

- 1 Ingeniero Mecánico, M.Sc en Ingeniería Mecánica. Escuela de Tecnología Mecánica. Universidad Tecnológica de Pereira
- 2 Ingeniero Civil, Dipl. Eng. (M.Sc.) Ingeniería Civil, BFH- Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Universidad de Hamburgo
- 3 Ingeniero Mecánico, M.Sc en Medio Ambiente y Desarrollo, Ph.D en Ciencias Naturales y Físicas. Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad Tecnológica de Pereira

Correspondencia: Jorge A. Montoya. E-mail: jorgemontoya@utp.edu.co

*mechanical firmness and the durability of the union glued of boards of Bamboo. The first criterion investigated was which of the presented minor flaw in the glue line after was submitted to the essay of delaminating (DIN EN 391) and in second criterion was the best fulfillment of the strain shear (DIN EN 392) on the glue line. The adhesives with better results were the Melamin Harzleim and Recorcin Harzleim.*

## INTRODUCCIÓN

La importancia del proceso de la fabricación de vigas prensadas en *Guadua angustifolia* Kunth en Colombia, radica en que es una alternativa interesante desde el punto de vista de las características físicas y de resistencia mecánica de este material en este tipo de aplicación. Éste material ya ha sido sujeto de múltiples investigaciones en el tema la silvicultura, en su estructura biológica, sus propiedades físico-mecánicas y en diversas aplicaciones, especialmente en el estructural en forma rolliza, pero no en vigas y laminados encolados.

Teniendo en cuenta que Colombia es un país que presenta fallas geológicas y sismos de relativa magnitud con ocurrencia periódica, desde el terremoto en el Eje Cafetero en 1999 en Colombia, se valoró la *Guadua* (especie de bambú) como un material de construcción con buenas propiedades de sismo resistencia. La razón principal son sus buenas características a la flexión y sus propiedades elásticas. Con la ocurrencia de dicho terremoto, algunas de las construcciones en *Guadua* no presentaron problemas en su estructura, pero otras construcciones más rígidas, hechas en concreto reforzado con hierro fueron destruidas completamente o tuvieron que ser destruidas a causa de los daños graves sufridos por el movimiento telúrico en su estructuras, razón por la cual se inició un movimiento cultural alrededor de dicho recurso natural

En cuanto al material de *Guadua* en forma de vigas, el proceso de prensado en frío, consiste en unir las tablillas con un adhesivo, para lo cual el proceso incluye las siguientes etapas: la preparación de las tablillas, la preparación y esparcido del adhesivo, el ensamble de tableros en paquetes, la aplicación de la presión (por medio manual o mecánico) y finalmente el proceso de maduración del adhesivo [2]. En este proceso, la unión de dos tablillas forma la línea de encolado que esta definida por el espesor de capa del adhesivo que une

las dos superficies y cuyo espesor optimo oscila entre 0.1 y 0.2 mm [2] [8]. Adicionalmente, alrededor de la línea de encolado existe una penetración del adhesivo en el material (*Guadua*), que según la literatura existente, disminuye en la medida que aumenta la densidad alrededor de la línea de encolado. Algunos investigadores como Bassett, 1960; Skeist, 1966 y Poblete 1978, coinciden que la menor resistencia en la unión encolada se obtienen con maderas de baja densidad y la unión es mas débil, fallando más fácilmente por la madera que por la línea de encolado [1] [9]. Este caso se presenta en la estructura de la *Guadua angustifolia* que en su forma circular en su parte interior posee una baja densidad en el tejido parénquima y en su parte exterior cerca de la corteza, posee una alta densidad. En promedio la densidad de la *Guadua* es 0.548 g/cm<sup>3</sup> [7], la densidad en el lado más denso es 0.7 g/cm<sup>3</sup> donde produce uniones débiles, debido a que puede ocurrir un escurrimiento lateral del adhesivo al momento de aplicar la presión o también mala transferencia del adhesivo entre los sustratos [2]. La densidad de la *guadua* no se considera alta para uniones encoladas según la literatura para maderas [1]. El contenido de humedad juega también un papel importante en la unión encolada, debido a que un valor alto (mayor a 15 %) produce tensiones que deben ser soportadas por la unión y generalmente se presenta la ruptura en la línea de encolado y no en el sustrato o material [9]. Estos procesos de prensado de tableros se someten a ensayos normalizados con el fin de conocer la calidad de la unión, dentro de ellos, sobresale el desencolado [3], que se define como separación de laminas de un elemento laminado debido a la falla del adhesivo o a la falta de ligazón entre el adhesivo y la madera, en este caso, la *Guadua*. El otro procedimiento es someter la unión a una fuerza de cizalladura [4] paralela a la unión con el fin de estimar un valor a la cual rompe la unión y que no debe ser inferior a un mínimo que establece la norma. Es importante tener en cuenta que la unión encolada es satisfactoria cuando la falla se produce en

las fibras de la guadua y no en la línea de encolado, por lo que el objetivo de la presente investigación es determinar el adhesivo óptimo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El material usado en esta investigación es la especie de Bambú "Guadua angustifolia Kunth", fue seleccionado en las parcelas y posteriormente extraído de los guaduales que actualmente posee el vivero de la Universidad Tecnológica de Pereira. Estas parcelas se encuentran a una altura 1.414 m.s.n.m. y a una temperatura promedio de 23°C y 75% de Humedad relativa.

El material fue preservado con sales de bórax, cortado en tablillas de longitud de 2.000 mm x 25 mm x 7 mm y posteriormente secado en secador convencional a gas en la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira-Colombia, con un contenido de humedad promedio de 15%. Este material fue empacado y enviado a los laboratorios del BFH- Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (Instituto Federal para la Investigación Forestal y de Productos Maderables), ubicado en Hamburgo Alemania, asegurando en todo momento una adecuada identificación y trazabilidad.

En el marco de esta investigación se evaluó la calidad de los pegantes empleados en las probetas, su firmeza mecánica, durabilidad; además se determinó el comportamiento del mejor pegante. Para lograr el objetivo de la investigación, se fabricaron vigas prensadas de 3m con tres diferentes pegantes [11] [12] [13] (MUF, Melamin-Harnstoff-Formaldehyd-Harz; PRF, Phenol-RECORCIN-Formaldehyd-Harz; PU, Polyurethan-Klebstoff). Las tablillas de Guadua fueron adheridas en 2 posiciones (eiei, eei). Se tomó como nomenclatura "e" la cara exterior de la Guadua que posee mayor densidad de fibras y la cara interior "i" que posee menor densidad de fibras, por tanto, en la identificación una secuencia eiei, significa pegar la cara exterior con cara interior y luego la exterior y con otra interior (ver cuadro 2). Se realizaron dos tratamientos para el pegado de caras con el fin de utilizar los resultados en otra investigación. Estas vigas fueron sometidas a los ensayos de descolado y a los

ensayos de cizalladura. Además de la determinación del tipo apropiado de pegante también se investigó la influencia del clima en la guadua sometida a esfuerzo de cizalladura, por ello, se ejecutaron los ensayos de cizalladura antes y después del descolado.

En el cuadro 1 se muestra el total de tablillas usadas en la investigación, se aclara que para el experimento de vigas encoladas laminadas se trabajó solo con Guadua madura. Durante el transporte de las tablillas hasta el BFH, las condiciones de contenido de humedad cambiaron, por lo tanto, se les realizó un tratamiento de climatizado, para obtener un contenido de humedad de equilibrio de 13% < a 15% de acuerdo a Norma [3], climatizando las muestras a 20°C, 65% HR.

Para el pegado de las tablillas se utilizaron tres tipos de pegantes [11] [12] [14], un número de 48 probetas pegadas de diferente manera entre las caras, como se muestra en el cuadro 2.

El proceso de pegado de las tablillas se hizo siguiendo las recomendaciones de las hojas técnicas de los fabricantes de los pegantes y aplicando la norma DIN EN 386 con una presión de encolado entre 0.6 – 0.8 N/mm<sup>2</sup> para maderas blandas. Dado que la Guadua tiene una dureza mas alta se aplicó una presión de 1 N/mm<sup>2</sup>, ver Cuadro 3. El tiempo de secado en dicha tablilla se entiende entre aplicar el pegante y aplicar la presión. Una vez pegadas las tablillas y conformadas en vigas, se procedió a preparar las probetas para los ensayos de descolado y cizalladura en el numero veces como se indica en el cuadro 2. Aplicando las Normas [3] (DIN EN 391) y [4].

El primer criterio para conocer el pegante óptimo consistió en investigar cual de ellos presentaba menor falla en la línea de encolado después de ser sometido al ensayo de descolado. El segundo criterio fue evaluar el mejor comportamiento a la resistencia a la cizalladura de la unión encolada. (ver cuadro 3)

El procedimiento para preparar las probetas de descolado consistió en dimensionarlas de acuerdo con la figura 1, luego se introdujeron a una cámara de vacío,

**Cuadro 1.** Cantidad de tabillas laminadas de *Guadua angustifolia* Kunth

EDAD	CEPA (Base)		BASA (Medio)		SOBRBASA (Tope)		
	VIGA No	CANT	VIGA No.	CANT	VIGA No.	CANT	
MADURA (4-5 años)	1	10	4	10	7	7	
	2	9	5	10	8	9	
	3	8	6	8	9	7	
SOBREMADURA (>5 AÑOS)	10	12	13	11	16	10	
	11	13	14	11	17	10	
	12	9	15	11	18	9	
SUBTOTAL		61		61		52	
TOTAL		174					

**Cuadro 2.** Cantidad de probetas y pegante utilizado

PEGANTE	EDAD	CANT	UNIÓN	PRUEBA DESENCOLADO	PRUEBA CIZALLADURA
MELAMINHA RZLEIM II	MADURA	6	ee	4	4
		6	ie	4	4
RECORCIN - HARZLEIM	MADURA	4	ee	4	4
		2	ie	4	4
1K - POLYURET HAN I	MADURA	2	ee	4	4
		4	ie	4	4
SUBTOTAL PROBETAS				24	24
TOTAL PROBETAS				48	

**Cuadro 3.** Información técnica de los pegantes.

PEGANTE	PROPORCION MEZCLA EN PARTES		TIEMPO DE SECADO (min)	TIEMPO DE PRENSADO (min)	PRESION DE PEGADO (N/mm <sup>2</sup> )
	PEGANTE	ENDURECEDOR			
MELAMINHA RZLEIM II (MUF)	100	80	60	210	1
RECORCIN - HARZLEIM (PRF)	100	25	15	240	1
1K - POLYURET HAN I (PU)	1	N/A	15	30	1

se sumergieron en agua a una temperatura en el rango de 10°C - 20°C, de tal manera que la superficie de cada probeta estuviera expuesta al contacto con el agua, luego se cerró la cámara y se aplicó una presión de vacío absoluta de 25 kPa y se sostuvo por 30 minutos. Posteriormente se liberó la presión y se aplicó de nuevo una presión absoluta de 550 kPa durante 2 horas. Concluido el ciclo se retiraron las probetas y se introdujeron en una cámara de secado durante 22 horas con aire a 65 - 75°C a una velocidad del aire de 2.5 m/s y con una humedad relativa de 8 - 10%. La separación entre probetas se mantuvo en 50mm. Una vez retiradas las probetas se aplicó el siguiente criterio para conocer el grado la desencolado total de una probeta: el porcentaje total de desencolado (D1) de una probeta será calculado con la formula 1 y debe ser  $\leq 4\%$

$$D1 = \frac{l_{Tot.Desencolado}}{l_{Tot.lineaencolado}} 100[\%] \leq 4\% \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

$L_{Tot. Desencolado}$  = longitud de todas las uniones pegadas desencoladas de la probeta [mm].

$L_{Tot. linea encolado}$  = longitud total de las uniones encoladas en las dos caras de la probeta [mm].

El otro criterio es para conocer el porcentaje máximo de desencolado para una línea de encolado en la probeta y será calculado con la formula 2 y debe ser  $\leq 40\%$

$$D2 = \frac{l_{Max.Desencolado}}{2 * l_{LineaEncolado}} 100[\%] \leq 40\% \quad [\%] \text{ Ec. (2)}$$

Donde:

$L_{\text{Max. Desencolado}}$  = longitud máxima de una sola unión pegada desencolado de la probeta [mm].

$L_{\text{Línea de encolado}}$  = longitud de una sola unión de encolado de la probeta [mm].

Si se falla en un criterio o los dos, la probeta no pasa la prueba de desencolado.

Para el ensayo de la cizalladura se prepararon probetas de 20 x 20 x 49 mm con seis uniones tal como se muestra en la figura 1, y posteriormente se sometieron a una fuerza de cizalladura a lo largo de la línea de encolado tal como se muestra en la figura 3, hasta que la unión se rompa. El criterio de aceptación de la probeta es que el esfuerzo de cizalladura en la unión encolada debe ser  $\geq 6 \text{ N/mm}^2$ , y si la cizalla se produce 100% en la guadua debe ser  $\geq 4 \text{ N/mm}^2$ .

La figura 2 muestra la disposición de las tablillas para el pegado, utilizando dos formas eeii, eiei.

Los resultados de los ensayos se analizaron mediante estadística descriptiva, de acuerdo a un diseño completamente aleatorio, en el que la dispersión de los datos fue mínima.

## RESULTADOS

Los resultados de las pruebas de desencolado y cizalladura en las probetas de Guadua angustifolia Kunth fueron muy buenos para las dos pruebas. En la figura 4 se puede observar una probeta de desencolado en la cual las líneas de encolado no se observan separadas, a pesar de las condiciones climáticas a que fue sometida, también se observa el levantamiento de algunas fibras laterales y paralelas por el rigor de la prueba.

En la figura 5, se puede observar una probeta sometida a la prueba de cizalladura, en la que se nota el corrimiento de las fibras muy cerca de la línea de unión del pegante, pero en realidad la línea de encolado no falló, la falla se produjo en el material de la Guadua lado "i" denominado interior como se observa en la figura 6. El

comportamiento del pegante en la línea de encolado fue excelente.

La figura 7, muestra el comportamiento del desencolado de las uniones encoladas de las probetas en donde el porcentaje de longitud de todas las uniones encoladas desencoladas de las probetas no superó el 4%, de acuerdo a la ecuación (1). Se observa que la probeta donde las tablillas son pegadas exterior – interior; exterior – interior (ei; ei) presentaron el mejor comportamiento, comparadas con las tablillas que fueron pegadas exterior – exterior; interior –interior (ee; ii).

Figura 1. Probetas de cizalladura y desencolado. Dimensiones en mm.

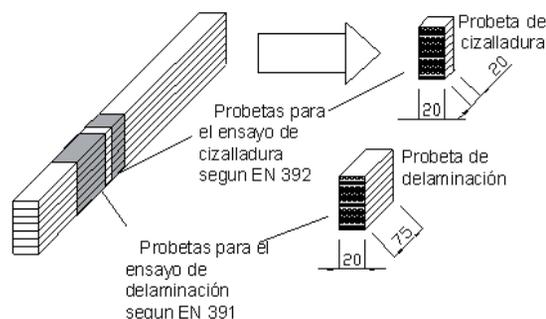


Figura 2. Formas de pegado de las tablillas para formar las vigas, ei y ee

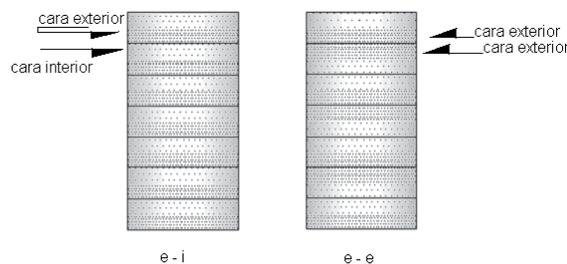
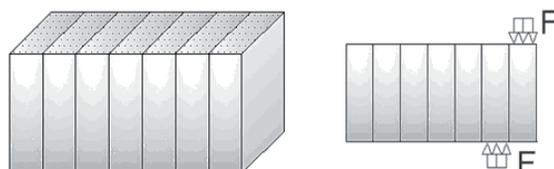
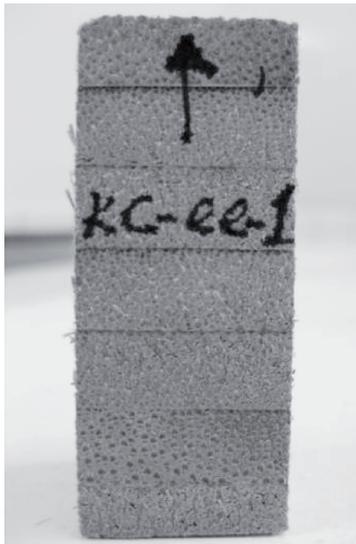
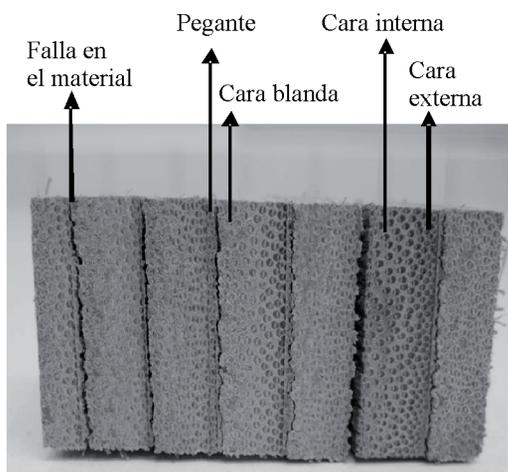


Figura 3. Fuerza de cizalladura a lo largo de la línea de encolado



**Figura 4.** Probeta sometida a prueba de desencolado**Figura 5.** Probeta sometida a prueba de cizalladura..**Figura 6.** Probeta a cizalladura que muestra la falla de rotura por el material Guadua.

Además, las probetas pegadas con adhesivo RECORTIN HARZLEIM no presentaron desencolado.

La figura 8 muestra el comportamiento del desencolado máximo de las uniones encoladas de todo el conjunto de la probeta, donde el porcentaje máximo de desencolado de toda el área de las probetas no superó el 40%, de acuerdo a la ecuación (2).

Las probetas pegadas con RECORTIN HARZLEIM presentaron cero desencolado, aunque si se observa, los tres pegantes pasaron la prueba de desencolado. Además, del criterio anterior se puede observar que la combinaciones de uniones encoladas de tablillas exterior – interior; exterior – interior (eiei), y las exterior – exterior; interior – interior (eeii) pasaron la prueba del desencolado con un buen margen de diferencia con respecto al umbral requerido por la norma, de acuerdo a la figura 8.

La figura 9 muestra el comportamiento de la cizalladura de las uniones encoladas de las probetas antes del desencolado en un clima estándar 20°C / 65% HR, en donde el esfuerzo de cizalladura de todas las uniones encoladas cizalladas no tiene valores por debajo de 4 N/mm<sup>2</sup> excepto las uniones de tablillas en la posición eiei encoladas con el pegante 1K – POLYURETHAN, que tuvo un valor mínimo por debajo de este criterio, circunstancia que permite descartar este tipo de pegante para dicha unión. En los valores promedio se encontró que algunos no cumplieron el criterio de mínimo valor de cizalladura de 6 N/mm<sup>2</sup> como son las tablillas encoladas con unión eiei, iiiii usando pegante 1K - POLYURETHAN, las tablillas encoladas con unión eiei, usando pegante RECORTIN HARZLEIM y las tablillas encoladas con unión iiiii usando pegante MELAMIN HARZLEIM Se entiende aquí que hubo marcada influencia de la posición de las tablillas al encolado. Se observa como la probeta testigo de material de Guadua (Bambú) sin encolar cumple aprox. (5.98 N/mm<sup>2</sup>) con los criterios de la norma de cizalladura (6.00 N/mm<sup>2</sup>).

Es importante destacar que en algunas de las pruebas se obtuvo una desviación estándar baja de los datos en sus diversas repeticiones que permite inferir un compor-

Figura 7. Porcentaje total del desencilado de la línea de unión las probetas.

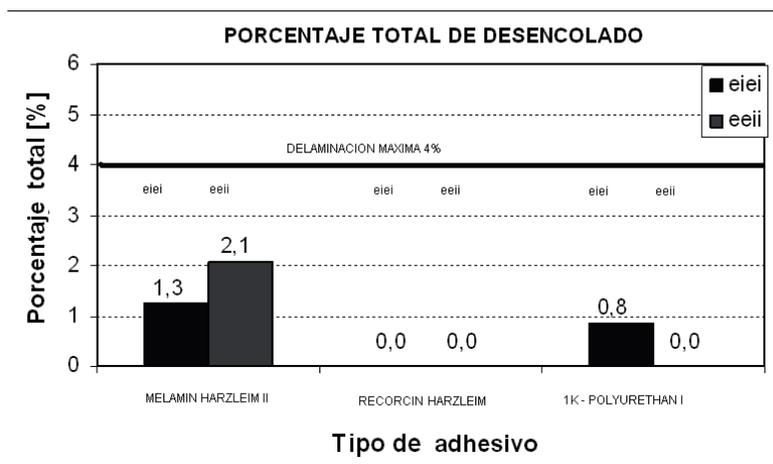
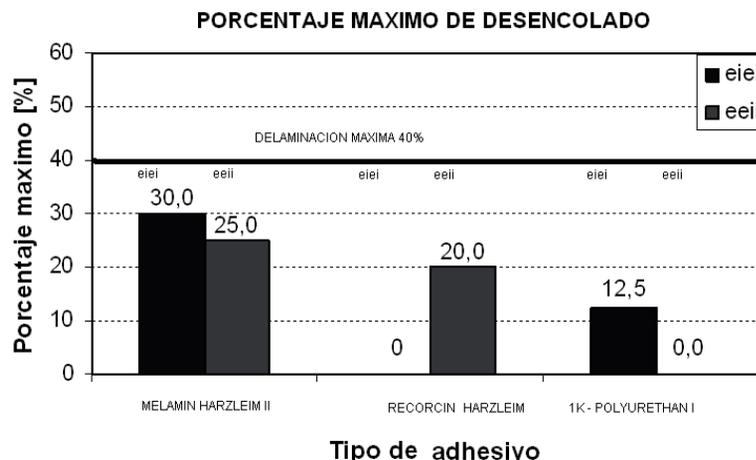


Figura 8. Porcentaje máximo de desencilado de las probetas.



tamiento estable frente a la prueba como fue el caso de las probetas encoladas con las tablillas en la posición eiei y pegadas con MELAMIN HARZLEIM

La figura 10 muestra el comportamiento de la cizalladura de las uniones encoladas de las probetas después del desencilado en un clima estándar 20°C / 65% HR. El esfuerzo de cizalladura de todas las uniones encoladas cizalladas no tiene valores promedio por debajo de 4 N/mm<sup>2</sup>, lo que muestra un resultado excelente de la guadua ante una prueba tan fuerte como es el desencilado y aun sigue dentro de la norma. En los valores promedio se encontró que algunos no cumplieron el criterio de mínimo valor de cizalladura de 6 N/mm<sup>2</sup> como son

las tablillas encoladas con unión eiei, eeee, iiiii usando pegante 1K - POLYURETHAN, tampoco cumplieron las tablillas encoladas con unión eiei, iiiii, usando pegante RECORCIN HARZLEIM y las tablillas encoladas con unión iiiii, ei usando pegante MELAMIN HARZLEIM. Se aprecia también aquí que hubo marcada influencia de la posición de las tablillas al encolado. Se observa como la probeta testigo de material de guadua (Bambú) sin encolar cumple con los criterios de la norma ( $\geq 4$  N/mm<sup>2</sup>.) de cizalladura después de ser sometida al desencilado y el valor de cizalladura del bambú es casi igual que el valor de la unión eiei usando RECORCIN pero no cumple con los criterios de la norma de cizalladura ( $\geq 6$  N/mm<sup>2</sup>) después de ser sometida a la desencilado.

Figura 9. Esfuerzo de cizalladura antes de la descolado clima 20°C / 65% HR.

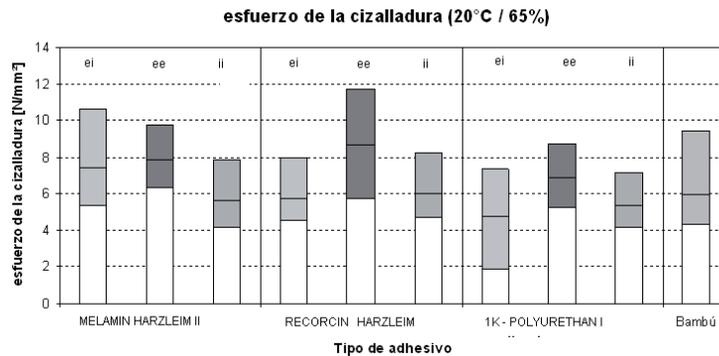
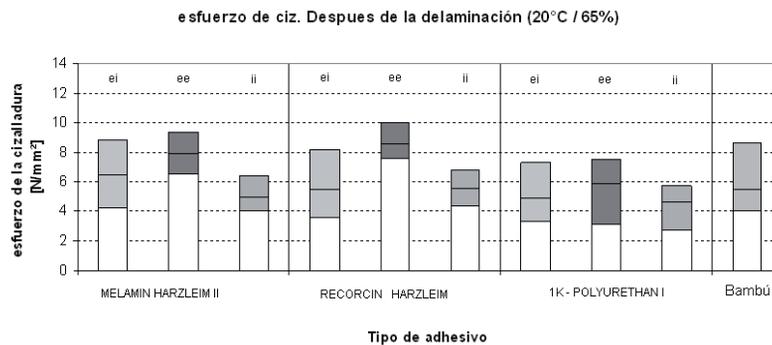


Figura 10. Esfuerzo de cizalladura después de la descolado clima 20°C / 65% HR.



## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados presentados permiten plantear las siguientes conclusiones:

- Los valores mínimos promedios presentados, los obtuvieron las probetas pegadas con el adhesivo RECORCIN HARZLEIM.
- Los dos criterios del descolado fueron cumplidos para todas las combinaciones (pegante y posición de las tablillas) :
- Porcentaje total de la descolado en la línea < 4%, Porcentaje máximo del descolado en la probeta < 40%
- No se observaron rajaduras dentro del procedimiento de secado en las pruebas de descolado.
- El criterio de requerimiento (6.0 N/mm<sup>2</sup>) fue cumplido con el Pegante MELAMIN HARZLEIM, en la posición de las tablillas ei obtuvo un esfuerzo 7,4 N/mm<sup>2</sup> y Pegante RECORCIN HARZLEIM en la posición de las tablillas ee; ii fue ≥6.0 N/mm<sup>2</sup> (ver figura 9).
- El porcentaje de las roturas, se presentó en la Guadua cercano de la línea de encolado y fue del 90%. Esto confirma que la unión de pegante no falló, falló fue el material blando (cara interior) cercano a la unión.
- Con respecto al pegante se concluye: el Pegante MELAMIN HARZLEIM es mejor que el Pegante RECORCIN HARZLEIM en las uniones ee; ei y a su vez este es mejor que el Pegante POLYURETHAN.
- La influencia de la posición de las tablillas fue evidente, con una disminución tendencial en los valores del esfuerzo de cizalladura desde la posición ee como primera, seguida por la posición ei y finalmente la posición ii. Se concluye que en razón al aumento de la densidad de las uniones encoladas en la posición ee resulta ser mejor que la posición de las tablillas ei, pero el espesor de la línea de encolado es muy delgado, debido a la alta densidad del material en la corteza.
- La probeta testigo de material de Guadua (Bambú) sin encolar cumple muy cercanamente con los

criterios de la norma de cizalladura (5.98 N/mm<sup>2</sup> ~ 6.00 N/mm<sup>2</sup>).

Finalmente combinando los criterios, los dos adhesivos que cumplieron las normas fueron MELAMIN HARZLEIM y RECORCIN HARZLEIM. Desde el punto de vista ambiental, el más amigable al medio ambiente es el MELAMIN HARZLEIM, porque las materias primas con que se fabrica no afectan el medio ambiente ni las personas.

Por último se utilizó una metodología válida para uniones encoladas en madera para la comparación de pegantes de encolados en frío. Dicha metodología fue adaptada y usada en Guadua-Bambú encolada laminada, con base a los ensayos de desencolado y cizalladura.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero de COLCIENCIAS en Colombia y el DAAD de Alemania, e igualmente agradecen el apoyo logístico de la Universidad Tecnológica de Pereira en Colombia y el BFH- Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (Instituto Federal para la Investigación Forestal y de Productos Maderables), de la Universidad de Hamburgo en Alemania. También se agradece a las siguientes empresas Alemanas que suministraron sin costo los pegantes para esta investigación: Türmerleim GMBH, Hexion Specialty Chemicals GMBH, Ulrich Lübbert Warenhandel GmbH & Co. KG.

## REFERENCIAS

- [1] BASSETT, K. Effect on certain variables on strength of glued end promediond joints. Forest Products Journal. 10 (11): 1960, p. 579-585
- [2] CARMONA R.; ESPINOZA F.; BULL C. Influencia de la densidad de la madera en la encolabilidad de Pinus radiata D. DON. Universidad de Chile, 2003. INTERNET: <http://revistacienciasforestales.uchile.cl>
- [3] DIN EN 391: 2002: Brettschichtholz Delaminierung von Klebstoffungen
- [4] DIN EN 392: 1996: Brettschichtholz – Scherprüfung der Leimfugen
- [5] DIN EN 302 Teil 2 Entwurf: 2001: Klebstoffe für tragende Holzbauteile, Prüfverfahren – Bestimmung der Delaminierungs - beständigkeit Adhesivos para miembros estructurales en madera, ensayo – determinación de la resistencia a la desencolado)
- [6] DIN EN 386: 2002: Brettschichtholz – Leistungsanforderungen und Mindestanforderungen an die Herstellung (Madera laminada – requerimientos del efecto y requerimientos mínimos a la fabricación)
- [7] GONZALEZ, Héctor Álvaro; MONTOYA Jorge Augusto. Influencia del contenido de la humedad en las propiedades físico mecánicas de la guadua angustifolia Kunth. Memoria Seminario Internacional de secado de guadua. Universidad Tecnológica de Pereira, Febrero de 2006.
- [8] Norma Chilena NCh2151.Of89. Madera laminada encolada estructural – Vocabulario. Norma Chilena Oficial. 1989.
- [9] POBLETE, H. Uniones de madera con adhesivos. Publicación técnica No. 1. Universidad Austral de Chile, 1978. 43 p.
- [10] SKEIST, Y. 1966. Manual de Adhesivos. México, editorial Continental S.A., 644 p.
- [11] Technisches Datenblatt (hoja técnica): Kauramin Leim 683 flüssig mit Härter 688 flüssig im Holzleimbau, BASF-AG Ludwigshafen, 2007.
- [12] Technisches Datenblatt (hoja técnica): Bakelite PF 0283, Hexionchemie Duisburg, 2007.
- [13] Technisches Datenblatt (hoja técnica): Bakelite PF 0283, Hexionchemie Duisburg, 2007.
- [14] Technisches Datenblatt(hoja técnica): Prefere 6001, Dyno Industrier ASA Lillestrøm, 2007.