

# Los tableros alistonados: una alternativa para el sector del mueble y la madera en Pereira y Dosquebradas

The edge-glued panels: an alternative for the sector of furniture and wood in Pereira and Dosquebradas

Carlos Andrés Londoño Echeverri, Simón Emilio Sepúlveda Tabares

Ingeniero Mecánico, Departamento de Dibujo, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia

carloslondono@utp.edu.co

simon@utp.edu.co

**Resumen**— El artículo propone los tableros alistonados como una alternativa de materia prima para el Sector de la Madera y el Mueble en la región. Considerando los resultados de la investigación realizada, estos tableros permiten mejorar las propiedades mecánicas y el aspecto de la madera, lográndose un producto de mayor calidad; además es posible fabricarlos con tecnología apropiada y son un mercado potencial por sus aplicaciones en la ingeniería, la arquitectura y el diseño de productos.

**Palabras clave**— Tableros alistonados, Materia prima, Madera, Tecnología apropiada, Mercado potencial.

**Abstract**— The paper proposes the Edge-glued panels as an alternative raw material for the sector of furniture and wood in the region. Considering the results of the research, these boards permit to improve the mechanical properties and appearance of wood, achieving a higher quality product; also is possible to manufacture them with appropriate technology and are a potential market for their applications in engineering, architecture and product design.

**Key Word** — Edge-glued panels, Raw material, Wood, Appropriate Technology, Potential market.

## I. INTRODUCCIÓN

Esta publicación, es resultado de la investigación “Sistematización del proceso de fabricación de tableros alistonados”, proyecto presentado como trabajo de grado en la Maestría en Sistemas Automáticos de Producción de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Durante la ejecución del proyecto, se lograron determinar las grandes posibilidades que ofrecen los tableros alistonados para el Sector de la Madera y el Mueble de la región, como también definir lo que se requiere para su fabricación en

condiciones adecuadas de calidad. Lo anterior se convierte en una oportunidad de mercado que debe ser considerada para la industria regional de la Madera.

Los tableros alistonados o laminados en madera se fabrican de tablas unidas a través de sus cantos, caras y extremos, generalmente con sus fibras orientadas en la misma dirección conformando un elemento que se comporta como una sola unidad estructural, la cual tiene propiedades mecánicas particulares (dependiendo los materiales y las condiciones del proceso empleadas) y superiores a la madera maciza. En las empresas locales de Madera y Muebles, se fabrican estos tableros mediante un método rudimentario y poco efectivo, por esto es necesario mejorar el proceso productivo, elevando su calidad. De esta manera se aumentaría el uso de los tableros alistonados, abriendo nuevas posibilidades comerciales para este producto en Pereira y Dosquebradas. La fabricación de tableros alistonados es un proceso con mucho potencial en la región y en el país desde el punto de vista de la Ingeniería, la Arquitectura y el Diseño Industrial, considerando la variedad de productos y aplicaciones que estos tienen, ya que ofrecen ventajas sobre la madera maciza. Por esto es importante trabajar por el mejoramiento de este proceso en las empresas.

El proceso de fabricación de tableros alistonados consiste en la aplicación de presión a los listones de madera, previamente maquinados a las dimensiones requeridas y encolados (aplicación de adhesivo), para lograr la unión de los elementos cuando el adhesivo se haya curado, ver Fig. 1. Este proceso es recomendado cuando se trata de una pieza de grandes dimensiones, porque ofrece como ventajas la recuperación de materia prima y una gran estabilidad dimensional de la madera durante su procesamiento. En el momento del prensado, los anillos de crecimiento deben disponerse de forma encontrada para darle mayor estabilidad y no permitir el alabeo de las piezas (mayor resistencia mecánica), obteniendo

un mejor efecto estético. Otro requerimiento importante es que para tableros grandes es necesario disponer de un sistema que permita sujetar en dirección perpendicular a la aplicación de la presión, con el fin de evitar que los listones se desalíneen y se obtenga un tablero por fuera de las especificaciones.

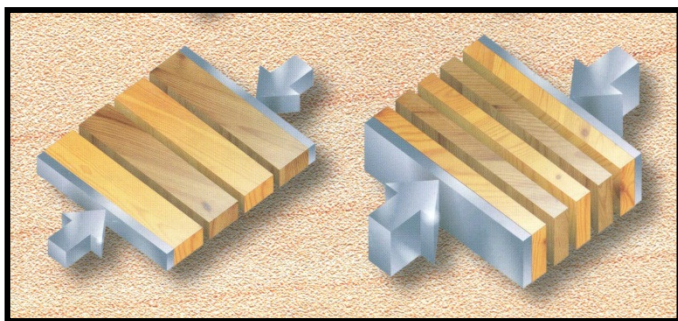


Figura 1. Tableros alistonados.

Fuente: Catálogo empresa italiana ORMA MACHINE

Para producir en condiciones adecuadas se requiere controlar las variables que intervienen en el proceso de fabricación, como las relacionadas con las condiciones medioambientales, las características de la madera y las inherentes al proceso: temperatura, tiempo y presión de prensado, de tal forma que se pueda garantizar su calidad; en la actualidad, las empresas de madera y muebles de la región no controlan estas variables, la humedad de los listones, por ejemplo, es una variable característica de la madera, considerada pero no atendida adecuadamente, con lo cual las especificaciones y la resistencia de los tableros no permiten efectuar un uso seguro en productos comerciales y además hace que el proceso sea poco eficiente. Los tableros alistonados pueden ser fabricados en la región con tecnología apropiada y en condiciones adecuadas de calidad, sin embargo las empresas regionales han intentado hacerlo en sus plantas de producción, pero no ha resultado viable; las razones identificadas son el desconocimiento de la madera y sus procesos de transformación; el sector del Mueble y la Madera es poco tecnificado y tiene empresas pequeñas en su mayoría, además la cultura regional empresarial de ser inmediatistas no permite mejorar los procesos productivos [1].

Lo anterior fue resultado del análisis del proceso en mención, donde se determinaron los parámetros críticos a considerar y controlar de acuerdo a las necesidades de las empresas, haciéndose un aporte al reconocimiento del Sector productivo, dado que no se encuentra información específica de la fabricación de tableros alistonados, que permita plantear proyectos que fomenten el desarrollo regional.

En el contexto de una economía competitiva, las empresas están obligadas a ser eficientes [2]. De este modo, la automatización de los procesos de producción constituye una necesidad ineludible para todas. Teniendo en cuenta que los valores máximos del nivel y la extensión de la automatización no necesariamente producen como resultado los valores

mínimos en los costos de producción [3], el mejor camino es el de la automatización de los procesos que no requiere de avanzada tecnología, sino una ajustada a las necesidades actuales de los desarrollos productivos empresariales, que permitan paulatinamente la introducción de niveles tecnológicos superiores. Sin embargo, las empresas del Sector de la Madera y el Mueble en la región hacen inversiones muy tímidas en cuanto a compra de máquinas y renovación tecnológica, ya que implica para ellas inversiones altas con tasas de retorno relativamente bajas [1].

Considerando esta problemática en este artículo se expone el estado del arte de los tableros alistonados, incluyendo la revisión de literatura y las conclusiones generales.

## II. CONTENIDO

### ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE DE LOS TABLEROS ALISTONADOS

#### A. TABLEROS ALISTONADOS A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL

Haciendo un análisis de la comercialización del tablero alistonado a nivel internacional, se puede observar que existen varios países europeos dedicados a esta actividad económica, por ejemplo: España, Austria, Finlandia, Estonia, Alemania y Portugal. España, potencia en el sector maderero y específicamente en la fabricación de tableros alistonados, es tan fuerte en este sector que conformó el 24 de noviembre de 2005 la Asociación Nacional de Fabricantes de Tablero Alistonado de Madera Maciza (ANFA), con un total de 11 empresas afiliadas, además de pertenecer a esta asociación la Federación española de Industrias de maderas (FEIM).

Una evidencia de su experiencia en esta área, es la existencia de Instituciones dedicadas a la Investigación de la madera y sus derivados con reconocida trayectoria, como son: la sede principal de CIDEMCO (Centro de Investigación Tecnológica), el cual cuenta con oficinas en Francia, Italia, México y Serbia, y AITIM (Asociación de Investigación Tecnológica de la Madera y el Corcho).

Es perentorio proponer alternativas que hagan de la madera una prioridad productiva en Colombia. La posibilidad que Colombia sea líder en este sector es muy alta, para esto se requiere que la madera se conozca aún más a todo nivel, que se haga investigación y que se invierta en proyectos de desarrollo en madera. En el país se ha iniciado un proceso por parte del Ministerio de Agricultura, Colciencias y la Fundación Tecnos (Fundación andina para el desarrollo tecnológico y social), quienes llevaron a cabo un estudio de prospectiva, vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva, con la cual se ha logrado aprovechar recursos del banco mundial para financiar proyectos que permitan fortalecer y proyectar la cadena forestal; este ejercicio ha evidenciado el

potencial del sector y la región debe considerarlo como apuesta de desarrollo.

De acuerdo con los resultados del estudio, el creciente consumo de tableros de madera y las brechas de la cadena productiva del Sector de la Madera y el Mueble, en relación con las tendencias internacionales, son los aspectos que se consideran más importantes para demostrar las altas posibilidades de los tableros alistonados y dan cuenta del aporte que puede plantearse desde el Diseño Industrial y la Ingeniería de Producto [1].

**B. CONDICIONES DE FABRICACIÓN**

El ejercicio de indagación sobre tableros alistonados en la región inició con el análisis del procesamiento de la madera para su fabricación y los medios productivos para lograrlos, posteriormente continuó con una búsqueda del adhesivo encontrándose como el más utilizado, el “Carpincol mr60”, (PVA, acetato de polivinilo con propiedades adecuadas de acuerdo a información técnica entregada por el fabricante, empresa colombiana de adhesivos). La unión con adhesivo es un proceso crítico del cual depende la calidad del tablero alistonado. Su criticidad radica en la delimitación de las pruebas a realizar, puesto que las condiciones de proceso como la aplicación de presión y temperatura en tiempos determinados se realiza para lograr homogenizar la junta y para que el adhesivo fragüe más rápido.

De acuerdo al fabricante no existe una temperatura ideal de aplicación del Carpincol mr60, a mayor temperatura se reduce el tiempo abierto del pegante y el tiempo de secado; este adhesivo trabaja adecuadamente con humedades de madera hasta el 15% sin alterar notablemente los tiempos de secado. Existen unas condiciones de equilibrio de humedad de la madera de acuerdo con la temperatura y la humedad ambiente, ver Fig. 2; es decir si la madera tiene un proceso de secado previo y ya está en condiciones de equilibrio al 13% así se seque nuevamente, ella recuperará el punto de equilibrio de forma natural. La temperatura máxima que puede soportar el adhesivo sin perder sus propiedades es 70 °C, por lo tanto, la temperatura del proceso no debe superar este valor.

H (%) \ T (°C)	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
10	5,5	6,3	7,1	7,9	8,7	9,5	10,3	11,2	12,3	13,4	14,8	16,4
15	5,4	6,2	7,0	7,8	8,6	9,4	10,2	11,1	12,1	13,3	14,6	16,2
21	5,4	6,2	6,9	7,7	8,5	9,2	10,1	11,0	12,0	13,1	14,4	16,0
26	5,3	6,1	6,8	7,6	8,3	9,1	9,9	10,8	11,7	12,9	14,2	15,7
32	5,1	5,9	6,7	7,4	8,1	8,9	9,7	10,5	11,5	12,6	13,9	15,4

Figura 2. % de humedad de la madera en relación con la humedad H (%) y la temperatura T (°C) del ambiente.

Fuente: Fabricante adhesivo.

En circunstancias ideales las variables que intervienen en el procesamiento de la madera se deben mantener bajo

condiciones controladas con el fin de garantizar plenamente las especificaciones de los tableros, puesto que dependen del ambiente en el que se encuentran: como por ejemplo la temperatura ambiente y la humedad relativa, mencionadas anteriormente. Sin embargo generar este contexto controlado implicaría una inversión económica considerable que las empresas regionales inclusive nacionales no han podido realizar.

Del proceso específico de tableros alistonados se han encontrado artículos científicos sobre todo de países como España y un país suramericano muy destacado, Chile, los cuales relacionan además procesos de fabricación de tableros de partículas y contrachapados, con similares condiciones en la aplicación de presión, temperatura y algunos hacen uso del mismo adhesivo utilizado en la región. La manipulación, transformación y disposición de la madera implica conocimiento y desarrollo, para que se puedan aprovechar al máximo todas sus propiedades como se ha hecho en estos países que han publicado sus trabajos de investigación; desafortunadamente en la industria Regional y Nacional no se tiene la suficiente trayectoria y por consiguiente la madera no es un material prioridad actualmente.

Uno de los investigadores que más ha trabajado procesos de uniones de madera con adhesivos es Poblete, H., tiene trabajos y publicaciones desde 1978 sobre esta temática, convirtiéndose en un referente obligado en proyectos con madera. Uno de sus trabajos importantes, con Cuevas, H., fue donde definió las condiciones de calidad para tableros alistonados con uniones endentadas y de canto con Pinus radiata, 1998, en el Instituto de Tecnología de Productos Forestales de la Universidad Austral de Chile, en este caso se estudiaron las relacionadas con las uniones de canto, considerando que se trabajó con adhesivo PVA, como el utilizado en la región; esta investigación sirve de referencia para entender el concepto de calidad, dado que a partir de la indagación preliminar en las empresas de la región no es posible obtener una definición clara.

Al hacer la pregunta específica por la calidad de los tableros alistonados, los responsables de la producción plantearon en su mayoría la necesidad de evitar problemas: con la humedad de la madera, la aplicación uniforme de la presión, el desperdicio de adhesivo al momento de la aplicación, la alineación de los listones, el costo del proceso representado en el tiempo de realización del tablero; en general las condiciones del proceso no son adecuadas. Cabe resaltar que no se menciona en ningún momento la resistencia de la unión, es decir existe desconocimiento de las condiciones de calidad de los tableros, afectando directamente su vida útil. Este concepto, vida útil, ni siquiera es nombrado, actualmente es un resultado aleatorio y empírico del procesamiento de dichos tableros.

Cabe anotar que algunas empresas optan por la no fabricación de los tableros alistonados, esto también obedece a la

utilización de tableros aglomerados (como el MDF: Medium Density Fibreboard), que se consiguen a precios más bajos, evitándose los problemas en el procesamiento respectivo para la realización de los alistonados, dado que no se tiene un proceso sistematizado; haciendo la salvedad que un producto hecho con tableros alistonados tiene mejores especificaciones que uno hecho con tableros aglomerados.

Es necesario investigar sobre la madera. Como se mencionó anteriormente, se tienen como referentes muchos países que le han apostado a la madera y permanentemente inician campañas para fomentar su uso. Desde la Ingeniería, la Arquitectura y el Diseño este es un potencial que debe explotarse para que se generen soluciones que con seguridad beneficiarían la comunidad.

### C. CONDICIONES DE CALIDAD

Una de las principales dificultades a nivel regional y nacional es el desconocimiento de la madera y sus aplicaciones en el Sector de la construcción, sumado a esto la tradición en el uso del acero y el concreto lleva inclusive a desacreditarla, dados los malos resultados por su inadecuada preparación y utilización. En esta región uno de los recursos naturales que ha tomado mucha fuerza es la guadua, por sus propiedades y por su condición de producto regional autóctono, sin embargo ha tenido los mismos inconvenientes que la madera.

Como debilidad para el Sector del Mueble y la Madera, a nivel nacional no se cuenta con normatividad para los tableros alistonados; por esto es necesario apoyarse en normas internacionales, especialmente europeas, como se evidencia en los resultados de los proyectos de investigación consultados; además en la región no se tienen laboratorios adecuados para la realización de ensayos con madera.

Un panorama diferente se presenta en Chile, donde son numerosas las empresas que fabrican tableros alistonados con *Pinus radiata*, tanto para el mercado interno como para la exportación. En estas condiciones se hace necesario garantizar un control de calidad adecuado, cumpliendo con la normatividad vigente; dicho control de calidad en este producto, se realiza considerando el aspecto del tablero y las propiedades mecánicas de las uniones. Para el caso de la determinación de la calidad de las uniones se trabaja principalmente con la norma norteamericana ASTM (American Standard for Testing and Materials) y la norma europea EN [4]. Estos ensayos se realizaron con dos normas, EN 204-205 [5] y ASTM D 3110 [6], de acuerdo a lo analizado estas normas son para adhesivos. Lo anterior permite concluir que el control calidad de los tableros alistonados se realiza considerando el aspecto del tablero y las propiedades mecánicas de las uniones a través de normas.

Otro referente a tener en cuenta es un trabajo de grado de Gómez W., G., 1991, realizado en el Laboratorio de Productos Forestales de la Universidad Nacional de Colombia, Seccional

Medellín, con el fin de determinar la influencia de tres factores en las uniones con adhesivos de acetato de polivinilo en madera: contenido de humedad de la madera, calidad de las superficies y la presión de fraguado. El criterio escogido para evaluar la calidad de las uniones fue la prueba de resistencia a la cizalladura en línea de cola paralela al grano según la norma ASTM D 905-49 [7]. Se concluyó que un contenido de humedad de la madera de 10-20%, el lijado de las piezas a unir y una alta presión de fraguado son condiciones que favorecen la resistencia de las uniones encoladas con acetato de polivinilo [8]. Este trabajo reafirma el concepto de calidad y permite confirmar que la presión de prensado influye en la resistencia a la cizalladura de las uniones encoladas con acetato de polivinilo.

En la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP), se han realizado investigaciones que tienen que ver con el laminado de guadua, específicamente con vigas laminadas; estos procesos tienen elementos aplicables para el desarrollo de los tableros alistonados, especialmente un proyecto que analiza el comportamiento a la cizalladura de estas vigas, trabajado en la UTP con el Instituto Federal para la Investigación Forestal y de Productos Maderables de la Universidad de Hamburgo en Alemania, con el apoyo de Colciencias y el DAAD de Alemania por González, H. A., Hellwig, S., Montoya, J. A., 2008. Para este proyecto se apoyaron en las normas DIN EN 392 de Junio de 1994 [9] y DIN EN 386 de 1993 [10] alemanas, a partir de las cuales determinaron como preparar las probetas, como realizar el ensayo de cizalladura de la línea de encolado y los criterios de aceptación que definen el control de calidad de los tableros alistonados. De acuerdo a lo estudiado estas normas son para madera laminada de uso estructural. El criterio de aceptación de la probeta es: 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 metodología utilizada es la misma que plantea la norma DIN EN 392 de Junio de 1994, en la cual se describe cómo medir el esfuerzo de cizalladura de la línea de encolado paralela a la dirección de la fibra [11].

El cálculo del esfuerzo de cizalladura, ver Ec. 1, de acuerdo a la norma EN 392:1995 alemana, que es la que describe cómo preparar las probetas para los ensayos de cizalladura y cómo medir el esfuerzo de cizalladura de la línea de encolado paralela a la dirección de la fibra, debe tener en cuenta un factor de corrección, ver Ec. 2, que modifica el esfuerzo de cizalladura en aquellas probetas cuyo espesor en la dirección de las fibras y en la sección que se somete al esfuerzo sea menor a 50 mm. Condición aplicable para los tableros alistonados de la región. Ver la siguiente Fig. 2.:

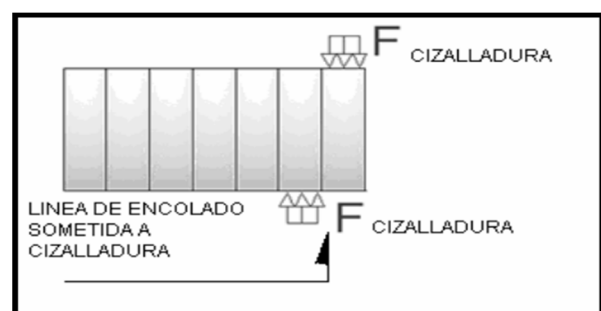


Figura 2. Ensayo de cizalladura para la línea de encolado paralela a la dirección de la fibra [11].

$$F_v = k \frac{F_u}{A} \left[ \frac{N}{mm^2} \right] \quad \text{Ecuación (1).}$$

$$k = 0.78 + 0.0044 * t \quad \text{Ecuación (2).}$$

Donde:

A: Área de la sección sometida a cizalladura en  $mm^2$ .

k: Factor de corrección

t: Espesor en milímetros del listón encolado.

$F_v$ : Fuerza de cizalladura en Newton.

El anterior es un referente significativo porque consolida el concepto de calidad y aporta el criterio de aceptación de los tableros alistonados según normas. Además entrega recomendaciones para la experimentación.

### III. CONCLUSIONES

A partir del análisis presentado en este documento las condiciones necesarias para la fabricación de tableros alistonados en la región, garantizando unas condiciones de calidad adecuadas son las siguientes:

- Se requiere controlar las variables inherentes al proceso: temperatura, tiempo y presión de prensado.
- El adhesivo, Carpincol mr60 trabaja adecuadamente con humedades de madera hasta el 15% sin alterar notablemente los tiempos de secado. Esta es una de las propiedades importantes del producto.
- La temperatura máxima que puede soportar el adhesivo, Carpincol mr60 sin perder sus propiedades es 70 °C, por lo tanto, la temperatura del proceso no debe superar este valor.
- La presión de prensado influye en la resistencia a la cizalladura de las uniones encoladas con acetato de polivinilo.
- De acuerdo a la norma DIN EN 386:2001 en alemán, que aplica para el control de la calidad de la línea de encolado en madera laminada, el criterio de aceptación de una probeta extraída de un tablero alistonado es: 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 madera debe ser  $\geq 4 \text{ N/mm}^2$ .

En la región existe desconocimiento de las condiciones de fabricación y calidad de los tableros alistonados, afectando directamente su vida útil. Adicionalmente a nivel nacional no se cuenta con normatividad, no se tienen equipos, ni

laboratorios adecuados para la realización de ensayos con madera. Por esto para la ejecución de los proyectos de investigación analizados, ha sido necesario apoyarse en normas internacionales, especialmente europeas, y realizar ensayos diseñando dispositivos para adaptarlos a equipos y laboratorios especializados para otros materiales.

La posibilidad que Colombia y la región en estudio sean líderes en el sector de la Madera y el Mueble es muy alta, para esto se requiere que la madera, se conozca aún más a todo nivel, que se haga más investigación y que se invierta significativamente en proyectos de desarrollo en madera.

De esta manera sería posible obtener tableros alistonados, como una alternativa de materia prima para el Sector de la Madera y el Mueble en la región, que permitiría mejorar las propiedades mecánicas y el aspecto de la madera, lográndose un producto de mayor calidad; además es posible fabricarlos con tecnología apropiada y se convertirían en un mercado potencial por sus aplicaciones en la ingeniería, la arquitectura y el diseño de productos.

### REFERENCIAS

- [1]. LONDOÑO E., Carlos A. "Caracterización del proceso de producción de tableros alistonados en Pereira y Dosquebradas", *Entre Ciencia e Ingeniería* Año 3. No. 6: 72-95, 2009.
- [2]. VILABOA, José B. "Gestión de la automatización de las plantas industriales en Chile", *Revista Facultad de Ingeniería, U.T.A.* Vol. 12, No. 1: 33-41, 2004.
- [3]. LOSSIYEVSKII, V. L. and PLISKIN, L.G. *Automation of production processes*. Translation edited by D. K. Ghosh, Pergamon press. London, 1964.
- [4]. POBLETE, H., CUEVAS, H. "Uniones endentadas y de canto con Pinus radiata: experiencias sobre su calidad", *Bosque* 19(2): 77-84, 1998.
- [5]. *Normas EN 204 y 205: Ensayos para uniones de canto, no considera el ensayo de uniones endentadas.*
- [6]. *Norma ASTM D 3110: Ensayos para las uniones de canto y para las uniones endentadas.*
- [7]. *Norma ASTM D 905-49: Ensayos mecánicos de Corte paralelo a la línea de encolado y Grado de encolamiento de Tableros contrachapados o compensados.*

- [8]. GOMEZ W., G. Efecto del contenido de humedad, presión y superficies en uniones encoladas con acetato de polivinilo. Trabajo de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Laboratorio de Productos Forestales, Seccional Medellín, 1991.
- [9]. *DIN EN 392: 1994: Brettschichtholz – Scherprüfung der Leimfugen. Describe cómo preparar las probetas para los ensayos de cizalladura y cómo medir el esfuerzo de cizalladura de la línea de encolado paralela a la dirección de la fibra.*
- [10]. *DIN EN 386: 1993: Brettschichtholz – Leistungsanforderungen und Mindestanforderungen an die Herstellung. Se aplica en el control de la calidad de la línea de encolado en madera laminada.*
- [11]. GONZÁLEZ, H. A., HELLWIG, S., MONTOYA, J. A. “Comportamiento a la cizalladura de vigas encoladas laminadas de guadua angustifolia kunth”, *Scientia et Technica* Año XIV. No. 39: 428-433, 2008.