

REPORTE DE LA OBTENCIÓN DE MLE EN COLOMBIA CON ÉNFASIS EN DOS EMPRESAS NACIONALES

REPORT OF GLULAM PRODUCTION IN COLOMBIA WITH EMPHASIS IN TWO NATIONAL COMPANIES

César Polanco Tapia ^{(1) (2)} (P), José Nivaldo Garcia ⁽²⁾

(1) Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, D.C., Colombia (cpolanco@udistrital.edu.co)

(2) Universidad de Sao Paulo (USP), Escuela Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Piracicaba, Sao Paulo, Brasil

Dirección de contacto: jngarcia@usp.br; (P) Presentador

Código de identificación: T4-30

Resumen

Colombia posee en torno de ocho empresas que se dedican total o parcialmente a fabricar madera laminada encolada (MLE). Este trabajo compara dos esquemas de elaboración de MLE, el primero, cerca de Bogotá D.C. con una capacidad de producción estimada de cinco mil $m^3 \cdot \text{año}^{-1}$ y el segundo, cerca de Medellín con una capacidad máxima de mil $m^3 \cdot \text{año}^{-1}$. Las dos locaciones con características climáticas, especies, adhesivos y procesos de transformación diferentes. La primera empresa emplea coníferas, especialmente *Pinus radiata* proveniente de Chile, aunque aquí se presenta el caso particular para una especie local conocida como sajo (*Camposperma panamensis*), donde toda la producción se dedicará a uso estructural. La segunda empresa, trabaja con la especie *Acacia mangium* y a la fecha desarrolla productos estructurales, para mobiliario y con fines decorativos, siguiendo estándares de fabricación para uso estructural. Para cada locación los adhesivos varían, siendo MUF y EPI los usados por la primera y segunda empresa, respectivamente, con un proveedor en común. En cuanto a la transformación, se identificaron 26 diferentes operaciones principales, cada una asociada a un proceso bien definido. Las operaciones de encolado y sus indicadores de calidad, al igual que el control del volumen de madera y adhesivo, son los elementos de mayor criticidad en la obtención de MLE. Comparativamente, las empresas difieren en la forma de trabajar, dadas las características asociadas a madera y adhesivo, pero sobre todo las diferencias tecnológicas y climáticas marcan asimetrías en los procesos y operaciones predominantes, afectando incluso los esquemas organizacionales y administrativos.

Palabras clave: industria maderera; adhesivo MUF; adhesivo EPI; acacia; Sajo; finger joint

Abstract

*Colombia has around eight companies totally or partially dedicated to manufacturing glued laminated timber (GLULAM). This work compares two schemes of GLULAM elaboration, the first, near Bogotá D.C. with an estimated production capacity of 5,000 $m^3 \cdot \text{year}^{-1}$ and the second, near Medellín with a maximum capacity of 1,000 $m^3 \cdot \text{year}^{-1}$. The two locations with different climatic characteristics, species, adhesives and transformation processes. The first company uses conifers, *Pinus radiata* from Chile, although here the particular case is presented for a local species known as sajo (*Camposperma panamensis*), where all production will be devoted to structural use. The second company, works with the species *Acacia mangium* and develops structural products, furniture and for decorative purposes, following manufacturing standards for structural use. For each location the adhesives change, being MUF and EPI those used by the first and second company, respectively, with a common supplier. Regarding the transformation, 26 different main operations were identified, each one associated with a process. The gluing operations and their quality indicators, as well as the volume control of wood and adhesive, are the most critical elements in obtaining GLULAM. Comparatively, firms differ in the way they work, given the characteristics associated with wood and adhesive, but above all technological and climatic differences mark asymmetries in processes and predominant operations, affecting even organizational and administrative schemes.*

Keywords: wood industry; MUF adhesive; EPI adhesive; acacia; Sajo; finger joint

1. INTRODUCCIÓN

La madera laminada encolada (MLE) es uno de los productos derivados de la ingeniería con mayor perspectiva en Colombia. Por un lado, la decadencia de la madera maciza impuesta por las mayores regulaciones y controles sobre las fuentes naturales de la materia prima [1], de otra parte, la desaparición de especies e individuos de grandes tamaños que abundaban en los bosques naturales del país por la sobreexplotación generalizada [2] y por último, la creciente oferta de madera proveniente de plantaciones satisfaciendo requisitos de sostenibilidad ambiental, que se han convertido en un elemento de presión social en favor del medio ambiente [3]; han redireccionado los mercados, forzando a quienes trabajan con madera en dos sentidos: El primero es iniciando importaciones desde Europa (*Abies sp.*), EUA (*Pinus spp.*) y Chile (*Pinus radiata*) [4]; y el segundo, a partir de mudanzas en los modelos de transformación de plantaciones nacionales (*Pinus caribaea*, *Acacia mangium*) o fuentes naturales que pudiesen representar sostenibilidad en el largo plazo (*Prioria copaifera*, *Camposperma panamensis*) [5], [6].

Por lo general la madera proveniente de plantaciones no satisface los tamaños a los que tenía acostumbrado al mercado la madera del bosque natural. Piezas estructurales de hasta 12 m de longitud de *Cariniana pyriformis* en los puntos de comercialización [7], son una utopía en el caso de la madera de plantaciones. Normalmente los puntos de optimización de los criterios económicos en las plantaciones, hacen que la madera sea cosechada en un punto donde las trozas difícilmente proporcionarían maderas de grandes dimensiones para las aplicaciones finales [8]. Y si así fuera, las maderas provenientes de plantaciones, no satisfacen *a priori* las características de las maderas con tradición de uso provenientes del bosque natural, donde su aplicación se extendía en un amplio abanico, sin la obligatoriedad de procesos como el secado. Muestra de ello, son las innumerables estructuras de la época colonial, que hoy después de 200 años prevalecen intactas en nuestros países andinos [9].

Dado lo expuesto, es una realidad que las empresas colombianas deben convivir en su día a día con las particularidades aleatorias de la madera proveniente de plantación y en menor proporción con las maderas de bosques naturales, donde la constante son las pequeñas dimensiones y la presencia abundante de defectos [10]. Lo anterior empuja hacia modelos industriales donde la madera sea reconstituida en forma de chips o de piezas pequeñas, y es aquí donde tiene cabida la MLE. El presente trabajo tiene por objetivo dar conocer los procedimientos constructivos de MLE de dos empresas ubicadas en el país, haciendo referencia a las debilidades y fortalezas de cada una, visualizando una cultura de fabricación y construcción con este material que sirva de modelo para los nuevos emprendimientos nacionales que quieren incursionar con este material y bajo estos procesos.

2. METODOLOGÍA

2.1 Inventario de empresas

Para la selección de las empresas se realizó una búsqueda en los directorios de páginas amarillas a nivel nacional. También se indagó con personal experto en el tema y se asociaron las estructuras en madera laminada más insignes con las empresas fabricantes. Después de generar el listado de las empresas, los autores realizaron contacto con estas, verificando la inclusión de procesos asociados a la elaboración de MLE a través de visitas a sus instalaciones.

2.2 Selección de empresas

En el desarrollo del trabajo se indagó en cada una de las empresas sobre la posibilidad de desarrollar actividades de investigación al interior, también se tuvo en cuenta el conocimiento del personal y las potencialidades de los procesos que aseguraran su continuidad. Un factor adicional

fue la empatía con el personal vinculado a la empresa y la ausencia de secretos industriales que generarán recelo entre los propietarios. Dos empresas dieron su visto bueno para trabajar allí.

2.3 Descripción de los procesos de maquinado

En esta etapa del trabajo se listaron la totalidad de procesos de transformación asociados a la madera laminada. Se verificaron las capacidades a través de la maquinaria presente y los puntos críticos para el control de la calidad. Para ello, se realizó el seguimiento visual de las actividades de cada proceso, registrando los puntos de control en cada uno, que al final fueron señalados como determinantes en la calidad final del producto.

2.4 Observaciones

Finalmente, los autores realizaron algunas observaciones a los diferentes procesos de obtención de MLE, que pueden considerarse como elementos críticos para iniciar los futuros planes de mejora, direccionando dos objetivos: La reducción de costos, el mejoramiento de la calidad.

3. RESULTADOS

Del inventario de empresas se obtuvo un listado inicial que es mostrado en la Tabla 1. La capacidad instalada está en torno de los 14,000 m³, aunque la capacidad usada es mucho menor. Dos empresas procesan madera importada de Chile, cuatro empresas trabajan con madera de Pino plantado en Colombia, una empresa importa laminados de Europa, dos empresas elaboran MLE con una especie nativa del género *Handroanthus* y una está incursionando recientemente con madera de Acacia. La forma de adquisición de la materia prima cambia según la especie y procedencia. Así, por ejemplo, el pino que viene de Chile se compra como cepillado y seco, en diferentes grados de calidad, dependiendo el proyecto de construcción y sus términos de referencia. Esta madera es adquirida a la empresa Arauco. La madera de Pino y Acacia plantada en Colombia, se adquiere en forma de trozas, lo que implica que estas empresas estén articuladas verticalmente. Mientras tanto la madera de Flormorado o Roble (*Handroanthus sp.*) puede adquirirse en bloques escuadrados, donde previamente con la ayuda de una motosierra o sierra circular son convertidas las trozas.

En cuanto a la selección de las empresas, se obtuvo consentimiento en una del centro del país donde la mayor parte del tiempo se trabajan materias primas provenientes de Chile, solo que en esta ocasión se evaluó el proceso para la madera de Sajo (*C. panamensis*); y en otra del noroccidente colombiano que está fortaleciendo su industria y en la actualidad lamina madera de Acacia. Estas empresas accedieron para trabajar en su interior y a criterio de los autores, son representativas por la continuidad de los procesos, su participación en el mercado y contacto con el sector de la construcción. No se mencionan los nombres de las empresas por petición de las mismas. La Figura 1 da cuenta de algunas obras en MLE realizadas en el país, por estas y otras empresas.

Referente a la descripción de los procesos de transformación, las Tablas 2 y 3, listan los procedimientos de la empresa del centro del país (Empresa A) y la del noroccidente (Empresa B). Se presenta el listado, la máquina dominante del proceso, los indicadores de calidad y algunas observaciones relevantes. La Figura 2 da a conocer imágenes de los procesos más relevantes.

La adquisición de materia prima como producto aserrado seco o como troza por las dos empresas, marca profundas diferencias. La mera labor de compra de madera lista para elaborar MLE, permite la rápida especialización y control de las especificaciones de producto. Por otro lado, la compra de trozas, su transformación en el aserrío y posterior preparación para el secado, demanda mayores recursos financieros, de personal y administración, desviando la atención de los productos laminados, pues en Colombia las grandes empresas madereras integradas verticalmente, son comparables con pequeñas empresas de Brasil o Chile, incluso, medianas empresas de Argentina, por citar algunos ejemplos. La falta de homogeneidad en la materia prima, la presencia

de distintos grados de calidad después de la transformación, coadyuvado con los relativos bajos volúmenes de transformación (20-40 m³.día⁻¹ de trozas) y niveles de aprovechamiento, generan sobrecostos que condicionan todas las operaciones subsiguientes, sobre todo por la obtención de producto no conforme para MLE, que exige la consecución óptima de clientes que consuman la totalidad de grados.

Tabla 1: Listado de empresas que hacen o han participado en la fabricación de MLE en Colombia

Empresa	Ubicación	Procesos, especies	Capacidad (m ³ /año)	Sitio Web
Ripoll Laminados	Bogotá, D.C.	Fabrica, <i>Pinus</i>	5000	http://co.kompass.com/c/ripoll-laminados-s-a-s/co012680/
Taller de Ensamble	Bogotá, D.C.	Fabrica, <i>Pinus</i>	1368	http://www.tallerdensamble.com/
Inmunizadora Serye	Medellín, Antioquia	Fabrica, <i>Pinus</i>	2000	http://inmunizadoraserye.com.co/
Aserrió y Reforestadora Plantar S.A.	San Pedro de los Milagros (Antioquia)	Fabrica, <i>Pinus</i>	1200	http://www.aserriopantar.com/
Madepátula	Medellín, Antioquia	Fabrica, <i>Pinus</i> , <i>Handroanthus</i> Importa, <i>Abies</i>	1200- α	http://www.paginasamarillas.com.co/empresa/abastecedora+aserrio+madepatula-bello-15492059
Inmunizadora Colombia	Marinilla, Antioquia	Fabrica, <i>Pinus</i> <i>Handroanthus</i>	1500	http://www.paginasamarillas.com.co/empresa/inmunizadora+colombia-medellin-15553796
Refocosta S.A.S	Villanueva, Casanare	Fabrica, <i>Pinus</i>	1200	http://refocosta.com
Cacerí	Planeta Rica, Córdoba	Fabrica, <i>Acacia mangium</i>	800	http://www.caceri.com/

Fuente: [11] Modificado

También se puede decir que los registros de información para trazabilidad están en proceso de implementación. Eso sí, las empresas controlan las variables críticas generadoras de calidad como el contenido de humedad, el cual es responsable del 46% de los problemas de desempeño según se referencia internacionalmente [12]. En el caso de la empresa A, a pesar que se delega esta responsabilidad al proveedor, se realizan verificaciones intermitentes con higrómetro de puntilla; en la empresa B, el control se hace *block a block*¹, con higrómetros manuales de contacto. Cuando se presenta producto no conforme, se genera una reclamación o se devuelve al proceso de secado, según se trate de la empresa A o B, respectivamente. El punto de referencia para la humedad de la madera es 12% ($\pm 2\%$), en las dos situaciones. Las cámaras de secado con mayor participación en el país son: Mahild, Termolegno, Gottert y Secal. Los programas son guiados por los proveedores y ajustados según la necesidad por las empresas nacionales de manera independiente o en colaboración con especialistas en programación y automatización.

¹ *Block*: Se denomina así a la pieza de madera maciza básica objeto de FJ, cuya unión longitudinal generará las lamelas que a su vez conformarán el laminado final.



Figura 1: Algunas estructuras en MLE instaladas en Colombia. a) Pabellón Corferías - Bogotá, D.C. b) Parque Ukumarí - Pereira. c) Iglesia - Bogotá, D.C. d) Parque ARVI - Medellín. e) Caja de madera - Medellín. f) Iglesia - Medellín. g) Hotel - Medellín. h) CCB – Bogotá D.C.

En cuanto a la maquinaria, el país no desarrolla máquinas principales para MLE, solo equipamientos como prensas metálicas de hasta 12 m de longitud, compresores, extractores neumáticos. Los autores estiman que la baja demanda actual no es un aliento para estos emprendimientos. En contraposición, el listado de proveedores de maquinaria importada es grande, ya que al menos cinco empresas se dedican a este rubro. Sobresalen marcas como Omga, Weinig,

Benecke, Linares, las cuales son elaboradas en sus países de origen y/o China, además de algunas marcas de Taiwán y China. Normalmente se adquieren paquetes completos desde la preparación de las superficies de la madera aserrada seca, hasta cepillos y lijadoras que dan el acabado final.

Para las herramientas de corte, son las mismas empresas proveedoras de maquinaria quienes abastecen este segmento, aunque con un soporte técnico diferente, ya que su fabricación no siempre coincide con los fabricantes de máquinas. Las empresas de MLE desarrollan sus propios esquemas de afilado o delegan en pequeñas empresas nacionales aparentemente especializadas.

El otro aspecto relevante hace referencia a los adhesivos y su preparación. A propósito, en Colombia existe una empresa, Akzo Nobel - Interquim S.A., que suministra producto para empresas en Centro y Suramérica. Esto brinda un gran respaldo para la implantación y desarrollo industrial en todas los emprendimientos, que normalmente inician con colas del tipo Polivinil Acetato (PVA) y migran a adhesivos estructurales como Isocianato (EPI), Melamina Úrea Formol (MUF) y Poliuretano (PUR) [14]. Esta empresa tiene contacto permanente con la multinacional que posee un área de I&D² bien consolidado y a la vanguardia del tema en el planeta [15]. La ubicación de las dos empresas evaluadas es fundamental en los tiempos de fabricación, pues la empresa A está en un área con temperaturas cercanas a 15°C y menos, determinando tiempos de fraguado del adhesivo del orden de 14 horas; mientras que la empresa B, solo precisa alrededor de 4 horas, pues las temperaturas promedio allí rondan los 25°C durante todo el año.

En lo que respecta al tema de interventorías, el país no cuenta con empresas formalizadas y especializadas que se dediquen tiempo completo a la evaluación de estructuras en madera. Normalmente son contratados consultores, que pueden ser profesores universitarios o ingenieros de las mismas empresas quienes hacen recomendaciones frente a temas específicos o conceptos de carácter técnico-legal.

Tabla 2: Procesos iniciales para dos empresas que fabrican MLE en Colombia

Proceso	Máquina/ Equipo	Indicador Calidad Madera-Proceso	Empresa A	Empresa B
Recepción de materia prima troza	Montacargas, Camiones, Tractores trineumáticos	Tamaño, rectitud, conicidad, grietas, manchas (clasificación visual)	No aplica	A partir de plantaciones propias
Clasificación	Manual	Asignación patrones de corte, porcentaje de aprovechamiento	No aplica	Solo por tamaños
Aserrío principal	Aserrío Wood Mizer	Dimensiones-tolerancias, superficies, porcentaje de aprovechamiento	No aplica	Se aísla centro
Aserrío secundario	Aserrío Wood Mizer	Porcentaje de aprovechamiento, dimensiones-tolerancias, superficies	No aplica	Para costaneras
Estibado	Manual	Contenido de humedad, cantidades, forma de apilado, muestreo humedad	No aplica	Normalizado para las cámaras existentes
Secado	Secaderos Mahild-Termolegno	Contenido de humedad, temperatura, alabeos, grietas, manchas, gradiente humedad, dimensiones-tolerancias	No aplica	Se han desarrollado internamente
Acondicionamiento	Manual	Tiempo, temperatura, contenido de humedad, separación	Lo debe realizar el proveedor	No está formalizado, pues los procesos siguientes demandan agilidad

² Investigación, desarrollo e innovación.

Tabla 3: Procesos fundamentales para dos empresas que fabrican MLE en Colombia

Proceso	Máquina/ Equipo	Indicador Calidad	Empresa A	Empresa B
Clasificación	Manual	Grados de madera, cantidades por grado	No se realiza en planta, el grado lo define el proveedor	No se realiza
Moldurado	Weinig / V-Hold	Contenido de humedad, dimensiones-tolerancias, calidad superficies	6-20 mL.min ⁻¹	20-35 mL.min ⁻¹
Obtención de blocks	Sierra radial de mesa / Acolilladora	Grados, longitud mínima, aprovechamiento	Solo a 800 mm	180 - 1000 mm
Finger Joint (FJ)	YNF / Hollywood	Dimensiones, acabados laterales	10-11 mm	10-11 mm
Encolado puntas	Manual	Proporción adhesivo- catalizador, tiempo abierto-cerrado, spread	En exceso	En exceso
Prensado	YNF / Hollywood	Presión longitudinal presión caras, tiempo prensado, secuencia piezas, longitud-tolerancias, ajuste finger joint	Se controla, no entre especies	Se controla
Fraguado	Manual	Tiempo, temperatura ambiente, humedad relativa, prueba de resistencia (manual o mecánica y no destructiva)	24 horas, sin prueba de resistencia	24 horas, sin prueba de resistencia
Moldurado Caras y/o cantos	Weinig / V-Hold	Dimensiones, porcentaje superficies no maquinadas, velocidad avance, rugosidad	No control de rugosidad	No control de rugosidad
Preamado	Manual	Secuencia uniones, longitud final, posición lamelas	Se hace	No se hace
Encolado	Manual	Proporción adhesivo- catalizador, mezclado, tiempo abierto adhesivo, spread, distribución homogénea	Con brocha	Con rodillo encolador
Armado	Manual	Separación FJ entre lamelas sucesivas, tiempo cerrado adhesivo	Fuera de la prensa	En la prensa
Prensado	Elaboración propia / Hollywood	Presión caras, distribución carga, tiempo prensado, secuencia lamelas, ancho-tolerancias, control puntas	Se controla en compresor	Se controla en prensa
Fraguado	Manual	Tiempo, temperatura ambiente, humedad relativa, microdelaminación-manipulación	Mínimo 24 horas	Mínimo 24 horas
Cepillado/ Lijado	Hurtado	Dimensiones-tolerancia, calidad superficies	Para dimensiones finales	Para acabado
Planeado/ Aserrado ancho	Hurtado / Sierra circular paralela de mesa	Dimensiones-tolerancia, calidad superficies	Para dimensiones finales	Para acabado
Recorte puntas	Motosierra / Sierra circular paralela de mesa	Dimensiones-tolerancia, calidad superficies, marcación	Para dimensiones finales	Para acabado
Maquillaje	Manual	Apariencia	Para acabado	Para acabado
Embalaje	Manual	Contenido de humedad, dimensiones, marcación	Con polietileno	Con polietileno
Almacenamiento	Montacargas	Tiempo, temperatura ambiente, humedad relativa, prueba de resistencia (manual o mecánica y no destructiva), separación entre piezas	No genera inventario	Si genera inventario



<p>c. Aserrió*</p>		<p>d. Secado en Cámara</p>	
<p>e. Traslado al Área de MLE</p>		<p>f. Clasificación</p>	
<p>g. Homogenización Dimensiones</p>		<p>h. Dimensionamiento Longitud</p>	
<p>i. Finger Joint</p>		<p>j. Finger Joint</p>	

k. Fraguado Lamelas		l. Homogenización Espesor	
m. Encolado Caras*		n. Prensado Neumático	
ñ. Prensado Manual*		o. Transporte*	

Figura 2: Imágenes de los procesos principales en la obtención de MLE. Algunas tomadas directamente por los autores y las marcadas con “*” obtenidas de [16], [17]

En la actualidad los precios por m^3 de la MLE en el país están 1.5 a 2.5 veces por encima del estándar internacional ($USD\$1200.m^{-3}$). Esto es una ventaja en la medida que permite absorber los sobrecostos por ineficiencias del proceso, descarte de materia prima e insumos. A la vez es una desventaja, porque los altos precios no estimulan un consumo masivo. Tal vez esta sea la causa de la existencia de MLE importada. Con el tiempo se espera llegar a un equilibrio ajustado a una mayor demanda, dado un mayor aprovechamiento de las capacidades disponibles y la madera, un avance en los temas normativos y un mayor convencimiento de más diseñadores que especifiquen el material. A propósito, la preparación de docentes en los centros de formación será fundamental.

Los principales centros de apoyo a estas empresas son los proveedores de maquinaria, herramientas e insumos. Cuando se presentan problemas técnicos se recurre en primera instancia a las universidades y los consultores especializados en MLE, siendo necesaria la conformación de un instituto especializado en el tema de apoyo permanente, pues los casos internacionales citan que alrededor del 30% de los problemas asociados a los proyectos de MLE son causados por deficiencias en la resistencia [12].

Aunque los indicadores de calidad están bien definidos en cada proceso, es muy difícil la evaluación total de cada uno de ellos, cuando la madera pasa por los diferentes procesos y menor es aún el registro de información para posterior trazabilidad. El éxito de la fabricación para las dos empresas corresponde a la técnica desarrollada por cada uno de los operarios y auxiliares, quienes con los años han aprendido el arte de la caracterización de la madera a simple vista. Muchos procesos son susceptibles de mejora, como es normal en toda industria, y las escalas del negocio irán permitiendo avances significativos en la medida que aumenten los negocios. Ya que en el caso de la empresa A no todo el año hay proyectos, propiciando el nivel de ocio, mientras que la empresa B mantiene actividad toda la temporada dada la variabilidad de frentes de trabajo con la madera.

4. CONCLUSIONES

El país ha venido ganando confianza en la MLE, una razón fundamental es que los especificadores de proyectos resultan convencidos por las obras ya construidas y la seguridad de proveedores nacionales, con quienes actúan de manera permanente.

La confianza se ha visto reflejada en los empeños industriales, sus propietarios han realizado inversiones importantes en asegurar mejores volúmenes, ingeniería en el diseño y la transformación, además de desarrollar capacidades diferenciadas como MLE curva y mayores vanos.

Comparando las dos empresas seleccionadas, la A, representa mayores ventajas en favor de la MLE, en la medida que cuando no tiene que ver con la generación de madera, cosecha, aserrío y secado, puede concentrar esfuerzos hacia adelante en temas como diseño arquitectónico, cálculo estructural e integración horizontal, en especial con proveedores del tipo metalmecánico y logístico, en el caso de los herrajes y transporte e instalación.

Lo anterior pone de manifiesto que el futuro de la MLE en Colombia dependerá de una mayor especialización en las empresas, donde las similares al tipo B se encarguen del suministro exclusivo de materias primas secas, y las del tipo A se concentren en la fabricación de MLE en sí y el trabajo conjunto con diseñadores, especificadores, ingenieros, constructores y entidades de I&D+i como los centros de investigación especializados en las universidades.

Un punto flaco al día de hoy corresponde al conocimiento de las normativas de clasificación, fabricación, desempeño y construcción con materias primas y MLE, las cuales han sido adoptadas para especies nacionales de las normas en que se basa el EC5 y las normas ASTM, dejando algunos vacíos en cuanto a su aplicabilidad, vacíos que son compensados con sobredimensionamiento, que en últimas representan sobrecostos para el mercado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su total agradecimiento a los organizadores de este evento tan importante para Latinoamérica, a los revisores, así como a las entidades que realizaron aportes para el desarrollo y culminación de este trabajo, entre ellos: Interquim S.A. (Subsidiaria de AKZO NOBEL), Organización de Maderas Aponte, Ripoll Laminados, Reforestadora Cacerí, Laboratorio de Engenharia da Madeira (LEM) de la ESALQ-USP, Organización de los Estados Americanos (OEA), CAPES y especialmente a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

REFERENCIAS

- [1] CorteConstitucional, *Sentencia C-030/08*. Colombia, 2008, p. 86.
- [2] A. R. Victorino, *Bosques para las personas, memorias del año internacional de los Bosques, 2011*. Bogotá, D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2012.
- [3] H. García Romero, "Deforestación en Colombia : Retos y perspectivas," Bogotá, D.C.,

- Colombia, 2013.
- [4] A. Pantoja Diaz, “Importación de Madera Maciza :,” *Revista el Mueble y la Madera*, no. 77, Bogotá, D.C., Colombia, pp. 28–35, 2012.
- [5] J. C. Restrepo Salazar, *Plan de acción para la reforestación comercial*. Bogotá, D.C., Colombia, 2011.
- [6] Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, “Gobernanza forestal,” *Corporación Autónoma Regional de Risaralda – CARDER, Colombia.*, Pereira, Risaralda, Colombia, p. 8, 2014.
- [7] J. P. Beltrán Rojas and D. O. León Prieto, “Comportamiento del Comercio de Madera Proveniente del Bosque Natural en Colombia,” Universidad Distrital “Francisco José de Caldas,” 2016.
- [8] H. I. Restrepo Orozco, “Estimación del rendimiento forestal con información espacialmente explícita y análisis financiero de plantaciones forestales en Colombia,” Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, 2010.
- [9] J. O. Jaramillo Jiménez, *Análisis Clásico de Estructuras*. Manizales, Colombia, 2004.
- [10] S. A. Bernal Barajas, “Documentación Técnica del Uso de Maderas en proyectos Constructivos de Viviendas,” Universidad Industrial de Santander, 2004.
- [11] C. Polanco, “Caracterización mecánica de la madera laminada y posibilidades para el sector de la construcción,” Universidad de los Andes, 2013.
- [12] P. Dietsch and T. Tannert, “Assessing the integrity of glued-laminated timber elements,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 101, pp. 1259–1270, 2015.
- [13] C. R. I. Arquitectos, “Constructora RB Ingenieros Arquitectos,” 2017. [Online]. Available: <http://www.constructora-rb.com/proyectos/cubiertas/madera/>. [Accessed: 31-Mar-2017].
- [14] F. López, C. Polanco, and J. Bermúdez, “Caracterización mecánica estructural para veinte combinaciones de madera laminada encolada,” *Rev. Colomb. For.*, vol. 16, no. 2, pp. 138–157, 2013.
- [15] AkzoNobel, “AkzoNobel N.V. [NL],” 2017. [Online]. Available: <https://www.akzonobel.com/home>. [Accessed: 31-Mar-2017].
- [16] C. Polanco, “Comercialización de la Madera en Colombia y sus Oportunidades,” 2007, p. 67.
- [17] WoodMizer, “Woo Mizer,” 2017. [Online]. Available: <http://woodmizer.com/eng/Products/Industrial-Equipment/Smart-Log-Processing>. [Accessed: 31-Mar-2017].