

ARTESANIAS DE COLOMBIA
PROGRAMA NACIONAL DE CADENAS PRODUCTIVAS.

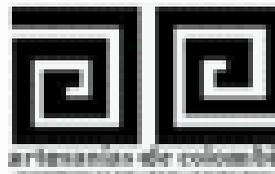
LAMBÚ
PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE LA GUADUA LAMINADA
APLICADOS AL DISEÑO INDUSTRIAL

SANDRA CASTELANOS A.
DIANA GODOY A.

BOGOTÁ D.C.
2005



PROGRAMA NACIONAL DE CADENAS PRODUCTIVAS.



LAMBÚ
PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE LA GUADUA LAMINADA
APLICADOS AL DISEÑO INDUSTRIAL

SANDRA CASTELANOS A.
DIANA GODOY A.

ARTESANIAS DE COLOMBIA

BOGOTÁ D.C.
JUNIO 2005

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
1. ANTECEDENTES	5
2. OBJETIVOS	8
2.1. OBJETIVO GENERAL	8
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICO	8
3. METODOLOGÍA	9
4. MARCO TEORICO	11
4.1. CONCEPTOS AMBIENTALES	11
4.1.1. ECODISEÑO	11
4.1.2. CICLO DE VIDA	11
4.1.3. IMPACTO AMBIENTAL	12
4.1.4. MATRIZ MET	12
4.1.5. INDICADORES	12
4.1.6. MERCADOS VERDES	12
4.1.7. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	13
4.2. GUADUA LAMINADA	14
4.2.1. GENERALIDADES	14
4.2.2. PROCESO DE FABRICACIÓN	14
4.2.3. ESPECIFICACIONES	15
4.3. ADHESIVOS	16
4.3.1. GENERALIDADES	16
4.3.1.1. Clasificación de los adhesivos	17
4.3.1.2. Adhesivos estructurales	18
4.3.1.3. Aspectos para la elección del adhesivo	19
4.3.2. Adhesivos para guadua laminada	20
4.4. NORMATIVIDAD	20
5. LA CADENA PRODUCTIVA DE LA GUADUA EN LA REGIÓN	22
5.1. CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA PRODUCTIVA	22
5.2. MARCO ESTRATÉGICO PARA EL NEGOCIO DE ARTESANÍAS	23

5.3.	MARCO ESTRATÉGICO PARA EL NEGOCIO DE LAMINADOS	23
5.4.	ACTORES DE LA CADENA PRODUCTIVA DE LA GUADUA	24
5.5.	PROBLEMAS DE LA CADENA PRODUCTIVA DE LA GUADUA	25
6.	PARAMETROS DE PRODUCCIÓN DE LA GUADUA LAMINADA	26
6.1.	OBTENCIÓN DE LATAS	26
6.1.1.	COSECHA	26
6.1.2.	ARREO	26
6.1.3.	SELECCIÓN DE LA GUADUA	27
6.1.4.	TROCEO	27
6.1.5.	ASERRADO - DOBLE CORTE	27
6.1.6.	DESCORTEZADO	28
6.1.7.	RESIDUOS	28
6.1.8.	CALIDAD	28
6.2.	OBTENCIÓN DE TABLILLAS	29
6.2.1.	COCCIÓN	29
6.2.2.	RESIDUOS	29
6.2.3.	PRESERVACIÓN	29
6.2.4.	SECADO	29
6.2.5.	CEPILLADO	30
6.2.6.	EMPAQUE DE TABLILLA	30
6.2.7.	BLANQUEAMIENTO	30
6.2.8.	CARBONIZACIÓN	31
6.3.	PROCESO DE LAMINACIÓN	31
6.3.1.	ENCOLADO	31
6.3.2.	PRENSADO	31
6.4.	ANÁLISIS AMBIENTAL DE PROCESO DE PRODUCCIÓN	32
7.	PARAMETROS DE TRANSFORMACIÓN DE LA GUADUA LAMINADA	35
7.1.	CORTE	35
7.2.	CEPILLADO	35
7.3.	MOLDURADO	35
7.4.	CURVADO	35
7.5.	LIJADO	36
7.6.	TORNEADO	36
7.7.	MAQUINADO	36
7.8.	ANÁLISIS AMBIENTAL DE PROCESO DE TRANSFORMACIÓN	37
8.	PRUEBAS Y ENSAYOS	38
8.1.	PROTOCOLO DE ENSAYOS	38

8.1.1.	PROPÓSITO	38
8.1.2.	PRUEBAS	38
8.1.3.	RECURSOS	38
8.1.4.	DEFINICIÓN DE VARIABLES	39
8.1.5.	DISEÑO DEL PROCEDIMIENTO	39
8.1.6.	DISEÑO DE FORMATOS	40
8.1.6.1.	P.V.Ac	40
8.1.6.2.	Melanina - Urea Formaldehído	45
8.1.6.3.	EPI	51
9.	CONCLUSIONES	56
9.1.	PVAc	56
9.1.1.	FLEXIÓN	56
9.1.2.	COMPRESIÓN	57
9.1.3.	TENSIÓN	57
9.1.4.	CORTE	58
9.1.5.	AGRIETAMIENTO	58
9.2.	MELAMINA - UREA FORMALDEHÍDO	58
9.2.1.	FLEXIÓN	58
9.2.2.	COMPRESIÓN	59
9.2.3.	TENSIÓN	60
9.2.4.	CORTE	60
9.2.5.	AGRIETAMIENTO	61
9.3.	EPI	61
9.3.1.	FLEXIÓN	61
9.3.2.	COMPRESIÓN	62
9.3.3.	TENSIÓN	62
9.3.4.	CORTE	63
9.3.5.	AGRIETAMIENTO	63
10.	PROCESAMIENTO DE LOS LAMINADOS	64
10.1.	CORTE	64
10.2.	LIJADO	64
10.3.	MECANIZADO	65
10.4.	TORENADO	65
11.	MICROSCOPIA DE LOS LAMINADOS	66
11.1.	MICROSCOPIA OPTICA	66
11.1.1.	GUADUA BLANCA	66
11.1.2.	GUADUA CARBONIZADA	69
11.2.	MICROSCOPIA OPTICA	71

11.1.1.	GUADUA BLANCA	71
11.1.2.	GUADUA CARBONIZADA	71
12.	CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL	73
12.1.	TIPIFICACIÓN DE LOS LAMINADOS	74
12.1.1.	LAMINADO DE CANTO	74
12.1.2.	LAMINADO DE CARA	74
12.1.3.	GUADUA BLANCA	74
12.1.4.	GUADUA CARBONIZADA	75
12.1.5.	ADHESIVOS	75
12.1.5.1	Ficha técnica de los adhesivos	76
13.	FICHA DE CARACTERIZACIÓN	87
13.1.	CONTENIDO DE LA FICHA	88
13.2.	COMO LEER LA FICHA	89
13.3.	FICHAS	95
	CONCLUSIONES GENERALES	107
	GLOSARIO	110
	FUENTES DE INFORMACIÓN	114
	ANEXO 1	i

RESUMEN

LAMBÚ, (Parámetros de producción y transformación de la guadua laminada aplicados al Diseño Industrial) es una investigación aplicada a partir de la recopilación, análisis y compilación de los parámetros de producción y transformación de la guadua laminada encontrados en estudios realizados en la UN y en el entorno artesanal durante los últimos 3 años; incluye un acercamiento al material (guadua) desde su silvicultura hasta su laminado, también una descripción y análisis ambiental de los procesos de laminación, como de los procesos de transformación de dichas laminas para llegar al producto de diseño, en busca de la estandarización del material contribuyendo así con su carácter en el ámbito artesanal, semiindustrial e industrial.

Se aborda el problema de diseño desde el proceso productivo, mas allá del producto en si, ampliando las posibilidades de intervención, identificando indicadores del correcto aprovechamiento del material y estableciendo características de diseño que permitan generar productos sostenibles viables comercial y productivamente.

ABSTRACT

LAMBÚ, (Production and transformation parameters for laminated bamboo – guadua, applied to Industrial Design), is an investigation based on compilation and analysis of the production and transformation parameters of the laminated bamboo found in studies made by the National University of Colombia and in the artisan environment during the past 3 years. It includes an approach to the material (bamboo – guadua), from its cultivation, up until its lamination.

Also, it includes a wide description and an environmental analysis of the laminating process, as well as the process of transforming such panels to get to the design product, which will ultimately become the standardization of the material, thus contributing with its character to both artisan, industrial, and semi industrial fields.

The problem of design is approached from the productive process, beyond the product itself, broadening the possibilities for intervention, identifying indicators for the correct use of the material, and establishing design characteristics which will allow to generate sustainable products which are viable both commercially and productively.

INTRODUCCIÓN

Con este proyecto se busca hacer una investigación aplicada a partir de la recopilación, análisis y compilación de los parámetros de producción y transformación de la guadua laminada encontrados en estudios realizados internamente por la universidad y los resultados encontrados en el ejercicio y la práctica industrial durante los últimos tres (3) años .



Fig 1. Guadua, zona Cafetera

La compilación de dichos parámetros de producción y transformación de la guadua laminada incluyen un acercamiento al material (guadua Fig 1.) desde su silvicultura hasta ser convertido en laminas; también una descripción y análisis ambiental de los procesos de laminación, como de los procesos de transformación de dichas laminas, en

busca de la estandarización del material contribuyendo así con su carácter en el ámbito artesanal, semi-industrial e industrial.

Lo que propone este proyecto es abordar el problema de diseño desde el proceso productivo, más allá del producto en sí, para de esta manera ampliar las posibilidades de intervención e identificar indicadores del correcto aprovechamiento del material y establecer características de diseño que permitan generar productos sostenibles viables comercial y productivamente para el eslabón de transformación y procesamiento de la cadena productiva de la guadua en el eje cafetero.

A partir de los parámetros de producción de los laminados se encontraron doce (12) tipos de tableros (según su forma de laminado, su tipo de acabado y el adhesivo utilizado); LAMBÚ incluye una tipificación y caracterización de los diferentes tipos de tableros laminados presentados a través de las "fichas de caracterización".

Para lograr esta caracterización se realizaron ensayos de laboratorio normalizados (bajo las normas NTC 663, 961, 944, 2912 y 3377). A partir de los resultados de

dichos ensayos se hizo posible generar los contenidos de los diferentes items de la ficha de caracterización:

- Parámetros de producción
- Parámetros de transformación
- Usos
- Aplicaciones (Fig. 2.)
- Propiedades físico-mecánicas
- Impacto ambiental



Aplicaciones arquitectónicas.
Puente UTP

Apoyados en la metodología de eco diseño, este proyecto, por medio de la dimensión del diseño industrial, busca contribuir al desarrollo de la industria guaduera en el eslabón de transformación y procesamiento de la cadena productiva, donde los actores directos de este eslabón (artesanos, industriales, diseñadores etc.) tengan una herramienta para entregar al mercado productos que aprovechen y apliquen correctamente las características del material, siendo productos sostenibles, realizados con procesos más limpios e integrados a la comunidad productora brindándole desarrollo económico y social a la misma.

1. ANTECEDENTES

Colombia ha estado expuesta, como muchos países del llamado tercer mundo, al ingreso de materiales extranjeros que desplazan los materiales oriundos y nativos de nuestra región. Debido a este fenómeno, los materiales internos, típicos del país se han desaprovechado a tal punto que su uso se limita a la fabricación de artesanía y otros productos en los cuales no es posible aprovechar al máximo las propiedades que este tipo de materiales puede brindar.

Este es el caso de la *Guadua angustifolia* Kunt, material que, en la región en la que se encuentra nuestro país, abunda en diversas zonas, pero su uso se a limitado a la producción de mobiliario, artesanía y algunas estructuras arquitectónicas (Fig 3), utilizándola principalmente de manera rolliza.



Catedral provisional de Pereira

La guadua laminada es una alternativa novedosa para el aprovechamiento e industrialización del material (guadua) y una fuente de ingresos y empleo para el sector guaduero en Colombia.

Definir las alternativas de producción y transformación para los procesos de guadua laminada, genera una oportunidad para insertar el material en el contexto industrial permitiendo su visualización en usos y formas diferentes a los tradicionales y de esta manera aprovechar las propiedades físicas y mecánicas que tiene el material en la industria, y su producción de una manera sostenible.

El desarrollo de productos elaborados industrialmente a partir del uso de guadua laminada es importante ya que Colombia hace parte de los países en América que registran mayor tradición de uso de este material y de hecho en esta zona (Colombia, Ecuador y Panamá) existen las mayores extensiones de la especie *angustifolia* Kunt en el continente. En Colombia encontramos más de 51.000

hectáreas de guadua de las cuales 46.000 son guaduales naturales y 5.000 son hectáreas establecidas de productores guadueros para el aprovechamiento del material.

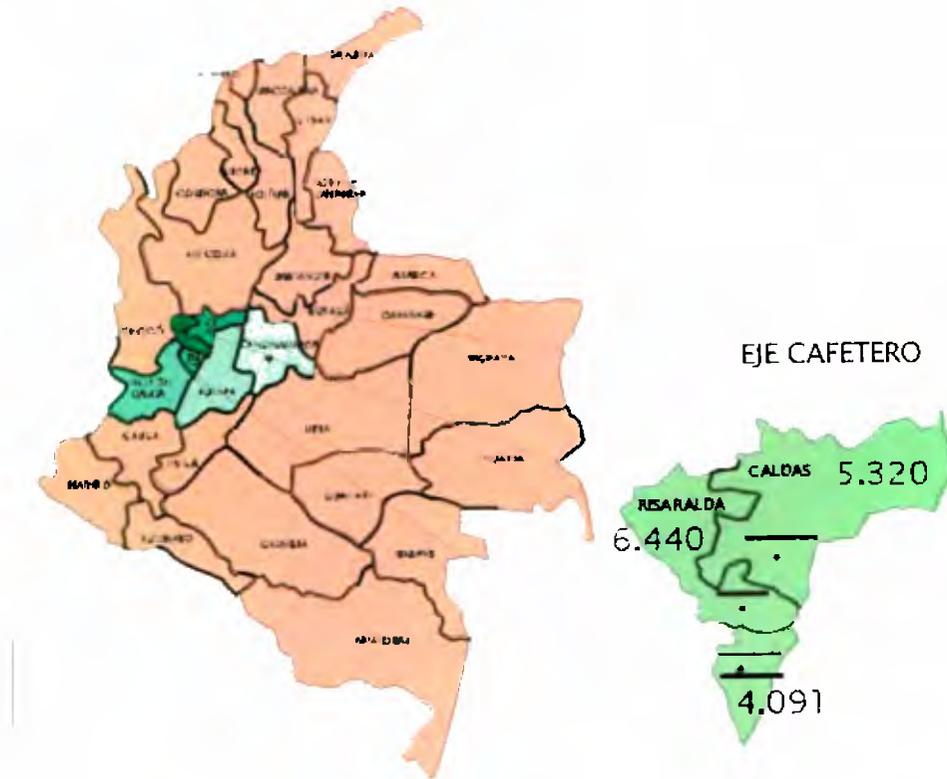
La región del eje cafetero cuenta con aproximadamente 24.351 hectáreas cubiertas por guadua, de acuerdo con el Estudio de Actualización del Uso de la Tierra para el departamento de Risaralda.

Esta información y las áreas en guaduales naturales y plantados de los departamentos vecinos se presentan en el siguiente cuadro:

DEPARTAMENTO	ÁREA EN BOSQUE	ÁREA EN PLANTACIONES	TOTAL
Caldas	5.000	320	5.320
Quindío	5.800	640	6.440
Risaralda	3.476	615	4091
Valle del Cauca	7.100	1.400	8.500
TOTAL	21.376	2.975	24.351

Por otro lado, el laminado de la guadua permite desarrollar productos industrializados que sustituyen la madera y pueden competir con este material en el mercado nacional e internacional.

Es importante señalar que el aprovechamiento sostenible y la aplicación de la guadua en procesos industriales contribuye a la reducción del impacto ambiental sobre la selva húmeda tropical y a conservar nuestra bio-diversidad.



Mayores concentraciones de guadua en el país.

Actualmente se han desarrollado varios proyectos que arrojan diversas alternativas de transformación de la guadua laminada. (Fig. 5) Los resultados de dichos procesos deben ser compilados y enfocados a generar un aporte en las líneas de investigación en el campo del mobiliario y de la producción de la guadua.

Dicha compilación debe permitir aclarar las alternativas productivas y de transformación de la guadua laminada sustentadas bajo la visión del eco diseño para viabilizar los productos en el mercado.

Se reconoce el proceso de compendio como la sustentación teórica del proyecto de desarrollo de producto. Sin este compendio no se podría generar dicho desarrollo e igualmente no sería viable generar este conocimiento sin su respectiva aplicación que lo valide.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Validar un compendio de alternativas de producción y transformación de guadua laminada, generado a partir la compilación de trabajos anteriores en el área de Medio ambiente, Ser Humano y Cultura, de la Escuela de diseño industrial de la Universidad Nacional de Colombia y de la experimentación con los posibles tipos de laminado, que permitan aplicar estos conocimientos en el desarrollo de productos.

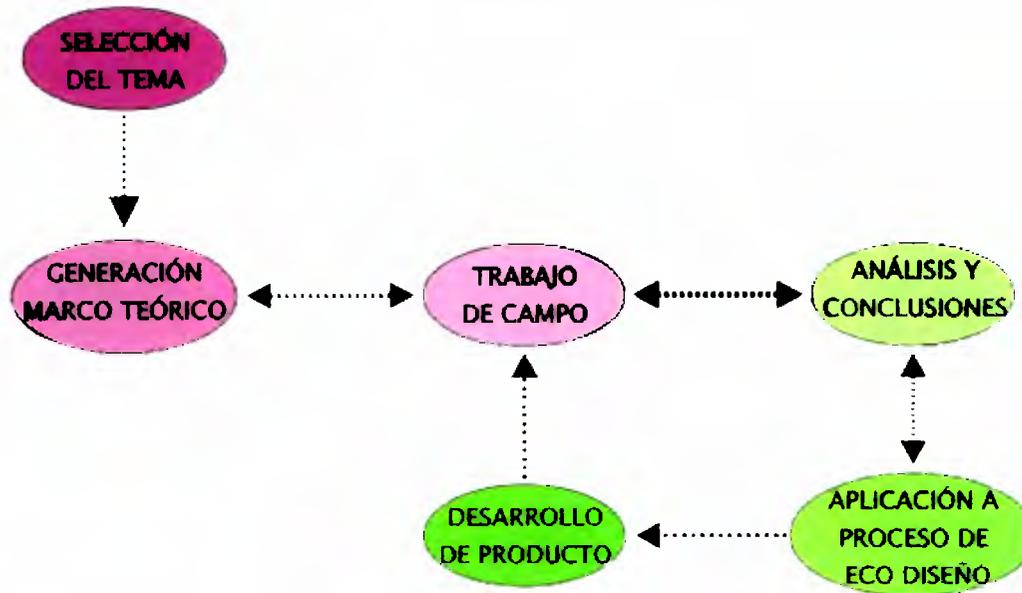
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

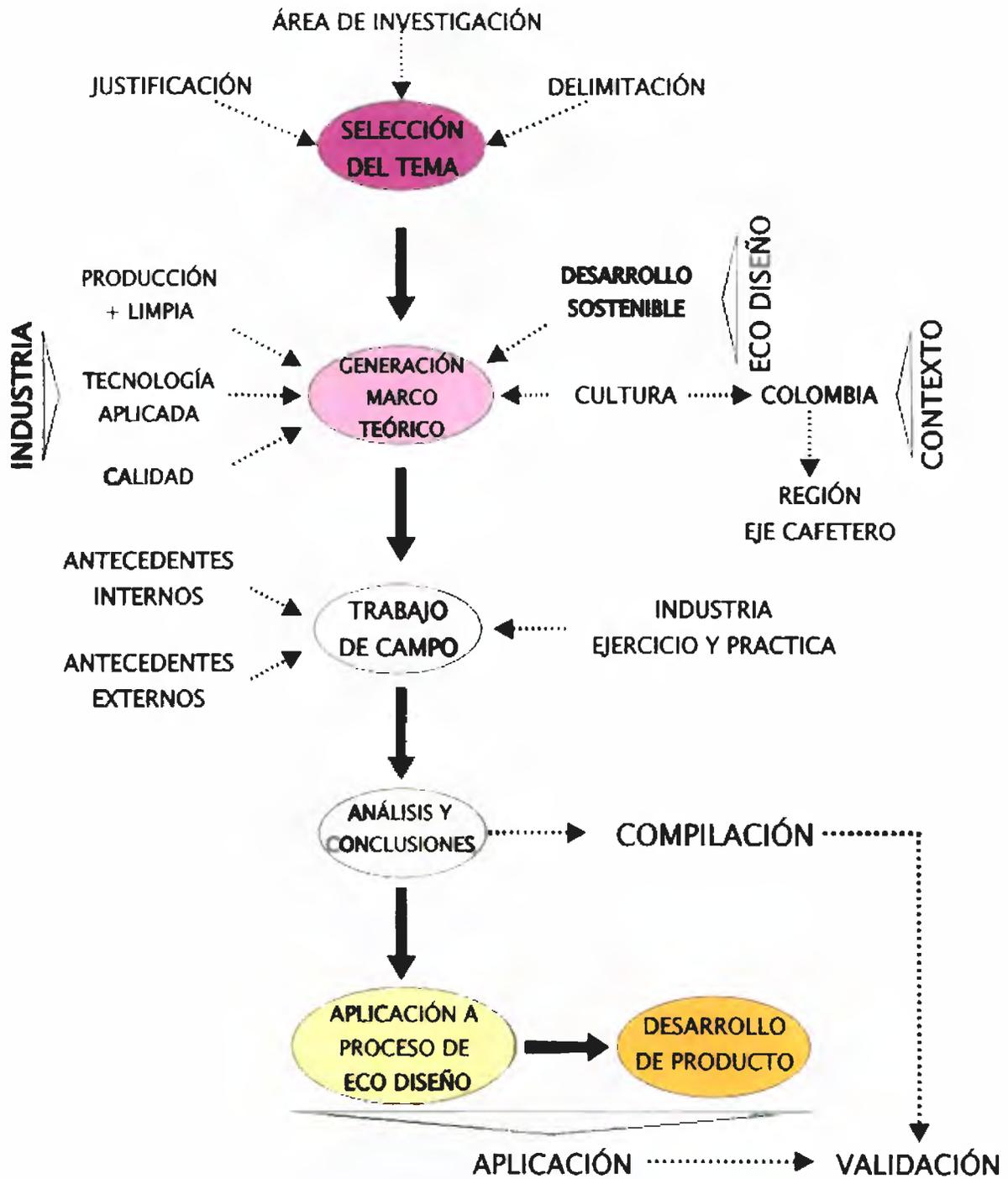
Generar un compendio de antecedentes como soporte de procesos de diseño de productos en guadua laminada.

Caracterizar posibles alterativas de laminados de guadua en su presentación de tablero y bloque, identificando indicadores del correcto aprovechamiento de sus propiedades físicas y mecánicas, que permita proponer sus posibles usos y aplicaciones.

Proponer una herramienta de consulta de los parámetros de producción y transformación, caracterizados en las fichas de los laminados tipificados en el trabajo, para ser aplicados en procesos de desarrollo de productos o desde la dimensión de Diseño Industrial, dirigida a los actores directos el eslabón de transformación y procesamiento de la cadena productiva de la guadua (artesanos, empresarios, arquitectos y diseñadores industriales entre otros)

3. METODOLOGÍA





4. MARCO TEÓRICO

4.1. CONCEPTOS AMBIENTALES

Los conceptos ambientales a considerar en el desarrollo del proyecto, son relevantes ya que se toman como metodología de trabajo (eco-diseño) y son parte esencial en el desarrollo de productos enfocados a la sostenibilidad (ciclo de vida, producción más limpia, mercados verdes).

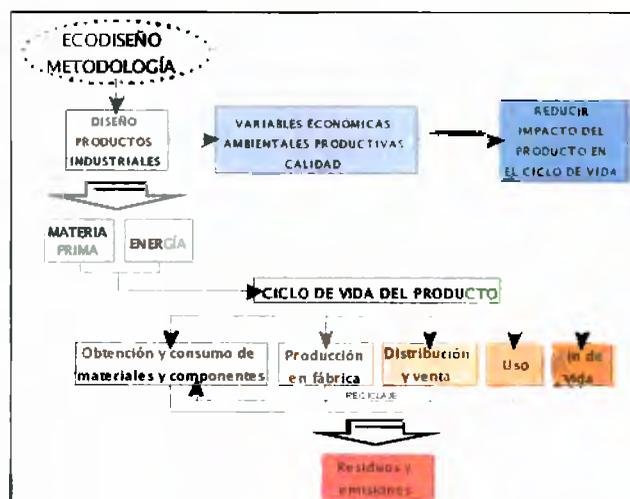
Como el proyecto busca ser una herramienta para el desarrollo de productos con guadua laminada, estos parámetros son parte de su enfoque.

4.1.1. ECODISEÑO

El ecodiseño es una estrategia que busca una mejora en el perfil ambiental de productos o empresas; se plantea como una herramienta apropiada para lograr la mejora de un perfil ambiental al introducir restricciones y/o mejoras ambientales en todas las fases de producción industrial de productos que no afecten el ambiente. Con esto se asegura la utilización eficiente de los recursos naturales, la minimización del impacto ambiental, al igual que una implementación coherente de una política ambiental en la organización, todo esto basado en el análisis del ciclo de vida de los productos.

4.1.2. CICLO DE VIDA

Son todas las etapas por las cuales pasa un producto, desde la producción de los componentes y materias primas necesarias para su obtención, hasta la eliminación del producto una vez se ha desechado.



4.1.3. IMPACTO AMBIENTAL

El impacto ambiental se reconoce como cualquier cambio en el medio ambiente (positivo o negativo), resultantes de todas o parte de las actividades, productos y servicios de una organización.

4.1.4. MATRIZ MET

Es un método cualitativo en el que se describen las entradas y salidas existentes en cada una de las etapas del ciclo de vida de un producto y en los procesos desarrollados para obtener dicho producto, donde se especifican el tipo de impacto de estas entradas y salidas.

4.1.5. INDICADORES

Los indicadores son la base de referencia cuantitativa y comparativa que se tienen para evaluar el impacto sobre el medio ambiente que ejerce una actividad industrial.

4.1.6. MERCADOS VERDES



Los mercados verdes son mercados donde se transan productos y servicios “ambientalmente amigables” (productos con sello verde), es decir, aquellos derivados del aprovechamiento sostenible del medio ambiente en los que sus procesos de producción, distribución y comercialización no se llevan a cabo en

detrimento de los recursos naturales o el patrimonio natural de la humanidad

Con el término "verde" se hace referencia a productos cuyos procesos de producción generan un menor deterioro sobre los recursos naturales, en comparación con productos similares, pero basados en prácticas contaminantes mayores.

Se le llama sello verde a la certificación forestal voluntaria que se adjudica a los productos obtenidos a partir de un uso sostenible de la biodiversidad.

4.1.7. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

La producción más limpia (P+L) es una estrategia de gestión preventiva aplicada a productos, procesos y organización del trabajo, cuyo objetivo es minimizar emisiones y/o descargas en la fuente, reduciendo riesgos para la salud humana y ambiental, y elevando simultáneamente la competitividad.



Ello resulta de 5 acciones:

La minimización y el consumo eficiente de insumos, agua y energía; la minimización del uso de insumos tóxicos; la minimización del volumen y

toxicidad de todas las emisiones que genere el proceso productivo; el reciclaje de la máxima proporción de residuos en la planta y si no, fuera de ella; la reducción del impacto ambiental de los productos en su ciclo de vida (desde la planta hasta su disposición final).

4.2. GUADUA LAMINADA

4.2.1. GENERALIDADES

La guadua laminada es una propuesta novedosa de utilizar la guadua de forma maciza para componer productos estructurales (pisos, vigas y en nuestro caso particular mobiliario), con ayuda de pegantes. La gran ventaja de la guadua colombiana frente al bambú asiático consiste en las mayores dimensiones de las latas que se pueden producir y en su dureza ligeramente mayor, que ofrece una resistencia abrasiva mayor.



Guadua cortada en latas

4.2.2. PROCESO DE FABRICACIÓN



Tablillas de Guadua

En el proceso de fabricación de las tablillas de guadua se debe buscar un espesor grande (la cepa de la guadua), para lograr minimizar la cantidad de pegante y de procesos técnicos respectivos.

El largo del canuto se aumenta a la medida que la guadua gana altura, mientras que el diámetro del tubo y el espesor de la pared disminuye. Pero hay una mayor densidad de la fibra en la parte alta, mientras en la parte baja hay una mayor presencia de células de parénquima, un “corcho” amortiguador entre las fibras. Por esta condición la mejor parte de la guadua aprovechable para tablillas es la basa, ya que cuenta con un comportamiento cilíndrico, buen diámetro de sección, menor distancia entre

nudos y paredes más resistentes que la cepa, no obstante, las otras partes mencionadas anteriormente ofrecen también propiedades que permiten ser aprovechadas.

4.2.3. ESPECIFICACIONES

Productividad:

Según un estudio reciente que se elaboró con más de 2000 guaduas de diferentes guaduales del Eje Cafetero, se determinaron las siguientes características de las cañas:

El 80% de los tallos tienen diámetros entre 9 y 12 cm.

De una guadua se pueden obtener de 3 hasta 5 “piezas” de 4m: una cepa, hasta dos basas, una sobrebasa y un varillón.

Estas guaduas tienen hasta 20 m de longitud y una pared mayor de 0.8 cm.

El promedio del espesor de pared varía entre 0.8 y 2.5 cm.

Podríamos establecer entonces la productividad de una hectárea de guadua para obtener materia prima (tablillas de guadua):

1 culmo: 1 cepa (3m), 2 basas (4m cada uno).

1 cepa: 6 latas (3m) / 1 basa: 6 latas (4m).

1 caña: 18 tablillas de 3 a 4m.

1 hectárea: 1350 culmo aproximadamente.

1 hectárea: 24300 tablillas de 3m promedio.

1 hectárea: 72900 metros lineales de tablillas.

De las 24.300 latas se pueden descartar 300 aproximadamente por factores como, rajado, torceduras, hongos, entre otros. Los 72.900 metros lineales se podrían dar en caso ideal de producción.

Se pueden producir fácilmente 60 latas hora/operario (40 segundos por los dos cortes, 20 segundos por el cepillado de dos caras de 3m). Esto suma en 8 horas teóricamente 480 latas. La sierra doble hoja genera máximo 0.5 cm. de desperdicio de corte por lata, aunque puede ser factible conseguir hasta 0.3mm de desperdicio.

La construcción de la sierra paralela es más económica, que la prensa estrella, aunque hay que construir varias unidades para lograr la misma cantidad de producción. El desgaste de los discos requiere un cambio semanal por un juego alterno, mientras se afilan los otros. Para un buen rendimiento se necesita un motor de mínimo 7 caballos (5.222 vatios). El desgaste de cuchillas de tungsteno es mucho menor que los de acero. Los filos de la cepilladora, son los que más mantenimiento requieren, por esto se debe aprovechar al máximo la sierra paralela con disco de tungsteno.

Según la experimentación realizada por Iván Gómez (pionero en la elaboración de tablillas, para el SENA de Dos Quebradas, se estableció que de cada guadua es posible sacar 6 latas de 7 a 8mm de espesor y 3cm de ancho, aceptables, para luego ser sometidas a los diferentes procesos de maquinado. La extracción de un número mayor de latas por tallo, dificultaría el proceso de maquinado y aumentaría el porcentaje de desperdicio por las dimensiones reducidas de las piezas.

4.3. ADHESIVOS

4.3.1. GENERALIDADES

Los adhesivos o pegamentos son aquellas sustancias capaces de unir otras sustancias por contacto superficial. La mayoría de los pegamentos posibilitan la unión al rellenar los huecos y fisuras diminutos que existen normalmente en cualquier superficie, aunque sea muy lisa. Los pegamentos distribuyen la tensión en el punto de unión, resisten a la humedad y a la corrosión y eliminan la necesidad de remaches y tornillos.



Su eficacia depende de varios factores, como la resistencia al encogimiento y desprendimiento, la maleabilidad, la fuerza adhesiva y la tensión superficial, que determinan el grado de penetración del pegamento en las minúsculas depresiones de las superficies a unir. Los pegamentos varían según el propósito con el que se vayan a utilizar.

4.3.1.1. CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS

Los adhesivos se pueden clasificar de diversas maneras:

A. Clasificación por el origen:

○ *Adhesivos Naturales*

Animales: albúmina, goma animal, caseína, cera de abejas, lacas.

Vegetales: resinas naturales como goma arábica, tragacanto, colofonia, aceites y ceras.

Elastómeros: caucho natural y sus diferentes derivados.

○ *Adhesivos sintéticos*

Elastómeros: caucho sintético y derivados (mezcla de butilo, poliisobutileno y polibutadeno), estireno, acrilonitrilo, poliisoprenos, poliuretanos, hules, siliconas y polisulfuro. Acrilonitrilo, poliisoprenos, poliuretanos, hules, siliconas y polisulfuro.

Termoplásticos: derivados de la celulosa, polímeros, copolímeros vinílicos y oleorresinas.

Termoestables: poliésteres, poliamidas, poliacrilatos, polisulfonas, aminoplastos, epóxidos y modificados, resinas fenólicas y modificaciones, poliésteres insaturados poliaromáticos, furanos o úrea formaldehído.

B. Clasificación por métodos de unión:

○ *Sensibles a la presión*

○ *Fundidos por calor:* se funden con el calor y se fijan al enfriar.

○ *De endurecimiento químico:* se usa en aplicaciones estructurales, por su gran fuerza de unión.

○ *Por eliminación del solvente:* se solidifica al perder el solvente (evaporación).



C. Clasificación según su forma física:

○ *Líquidos de alta o baja viscosidad:* fáciles de aplicar, requieren cierto control de su viscosidad.

○ *Pastas.*

○ *Película o cinta:* restringidas para superficies suaves, de rápida y fácil aplicación, mantienen un grosor uniforme y ahorro del material.

- *Polvo*: requieren mezcla con líquidos o activación con calor para lograr estado líquido.
- *Sólidos*: aplicaciones particulares, son la soldaduras con adhesivos y materiales de fusión por calor.
- *Base por soldaduras con adhesivos y materiales de fusión por calor*.

D. Clasificación por forma de fijación:

- *Fijados por calor*: se fijan desde la temperatura ambiente hasta los 250°C, pero requieren una temperatura específica para pegar y al aumentar esta temperatura, la fuerza de unión aumenta.
- *Fijados por presión*: la presión varía desde el contacto hasta la aplicación de presión con prensas y favorecen la unión por dejar películas delegadas con gran fuerza.
- *Fijados por el catalizador químico*: requieren temperaturas de 120°C y aplicación de presión, existe una gran variedad para adhesivos termofijos y elastómero.
- *Fijados por vulcanización*: adhesivos elastómeros tratados con agentes químicos como catalizadores, algunos requieren hasta temperaturas de 170°C para iniciar vulcanización.
- *Fijados por reactivación*: son adhesivos termoplásticos o elastómeros que algunas veces requieren solventes o calor para fundir el adhesivo.

4.3.1.2. ADHESIVOS ESTRUCTURALES:



Se conoce como adhesivo estructural a aquel que se usa para adherir materiales estructurales, donde el adhesivo trabaja sin falla, a menos que el material falle.

Dentro de los adhesivos estructurales tenemos:

Acrilatos: líquidos de dos componentes, que se aplican por separado sobre las superficies a unir, endurece en

3-4 minutos y el 60 a 70% de su resistencia se adquiere a los 15-30 minutos .

Cianoacrilatos: líquidos de endurecimiento ultra rápido, formados por un solo componente, estables a temperatura ambiente, deben ser aplicados en superficies muy lisas, de manera que no dan buenos resultados en materiales porosos.

Resinas fenólicas: presentan alta contracción durante el curado y tienen baja resistencia al pelado y al impacto, por esto se asocian con elastómeros o termoplásticos, para mejorar estas propiedades, además necesitan de altas presiones para mantener en contacto las superficies de unir, son ampliamente usados en el laminado de madera y en las uniones de metal madera.

Resinas epóxicas: se presentan de forma sólida, líquida, pastas o cintas adhesivas, estas resinas pueden realizar la función de relleno de material entre las superficies a unir, poseen gran poder de adherencia, poca contracción durante el curado, buenas propiedades mecánicas y elásticas, capacidad de trabajar desde muy bajas temperaturas hasta 20°C, buena resistencia química y estabilidad frente al envejecimiento.

Poliuretanos: son adhesivos biocomponentes, las uniones que produce son relativamente elásticas y soportan vibraciones, normalmente utilizadas en la adhesión de superficies plásticas o metálicas; permite además adherir superficies porosas.

4.3.1.3. ASPECTOS PARA LA ELECCIÓN DEL ADHESIVO:

Para la elección de un óptimo adhesivo para unir dos materiales, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Estado de las superficies a unir.
- Definición del problema de adhesión y aplicación que se le va a dar.
- Requerimientos de ensamble.
- Forma del adhesivo.
- Módulo de elasticidad del material y del adhesivo.
- Resistencia mecánica de la unión.
- Método de aplicación.
- Proceso de fabricación.
- Temperatura de servicio.
- Entorno químico al que va a quedar expuesto el elemento laminado.
- Necesidad de aislamiento.
- Especificaciones propias del adhesivo.
- Consideraciones económicas.
- Consideraciones ambientales.

4.3.2. ADHESIVOS PARA GUADUA LAMINADA

El adhesivo es uno de los factores más relevantes al momento de llevar a cabo la laminación de la guadua. El pegante es el elemento que une las tablillas de guadua para conformar los tableros y los bloques, este es capaz de proveer al elemento laminado mayor resistencia y durabilidad, por lo tanto es importante hacer un análisis del tipo de adhesivo que se va a emplear para la laminación según sus características, consecución, el aporte que puede hacer a los elementos y el impacto ambiental de su uso. Para el análisis de adhesivos se tomaron como base las referencia del IPIRTI (Indian Plywood Industries, Research & Training Institute) uno de los institutos abanderados en le desarrollo de productos con bambú laminado, que ha desarrollados estudios necesarios para encontrar los adhesivos mas óptimos para la laminación de bambú.

4.4. NORMATIVIDAD

El ambiente es un patrimonio común y los recursos naturales hacen parte de él, por lo cual es deber tanto del Estado como de todos los particulares velar por su mantenimiento, protección, conservación y aprovechamiento racional.

En el cumplimiento de lo estipulado en nuestra Constitución Política, las Corporaciones regionales como entidades integrantes del Estado entre otras, planifican el manejo de los recursos naturales con el propósito de garantizar su desarrollo sostenible, dando aplicación a las normas contenidas en sus Estatutos Forestales, a través de los cuales se presentan los diferentes procedimientos para el aprovechamiento de los bosques naturales o plantados, dentro de los cuales se encuentran los bosques de guadua angustifolia Kunth.

Para esto se expidieron las resoluciones: 1167 de 6 de diciembre de 2001 de CRQ, 1793 de 11 de diciembre de 2001 de CARDER, 1893 de 27 de diciembre de 2001 de CRTOLIMA, 002 de 2 de enero de CVC, 008 de 8 de febrero de 2002 de CORPOCALDAS; con los siguientes capítulos:

Capítulo I: GENERALIDADES: establecimiento, manejo y aprovechamiento sostenible de la guadua, caña brava y bambúes.

Capítulo II: DEL REGISTRO: requisitos para registrar, en La Corporación Autónoma Regional todo guadual o cañabral natural que se pretende aprovechar, así como las plantaciones de guadua, caña brava y bambúes.

Capítulo III: APROVECHAMIENTO DE GUADUA NATURAL Y CAÑA BRAVA: clasificación de los aprovechamientos de guadua natural y caña brava; y categorías en las que se dividen los aprovechamientos persistentes de guadua natural.

Capítulo IV: TRÁMITE DE PERMISOS Y AUTORIZACIONES: información necesaria para presentar una solicitud por escrito para aprovechar la guadua natural o caña brava. Iniciación del trámite y presentación y evaluación del estudio del guadual.

Capítulo V: DE LOS GUADUALES NATURALES DE MANEJO SOSTENIBLE: información necesaria para realizar la solicitud de permisos y autorizaciones. Beneficios y deberes de los guaduales inscritos.

Capítulo VI: PLANTACIONES: aprovechamiento de las plantaciones y comportamiento de las plantaciones enmarcadas en programas institucionales.

Capítulo VII: TRANSPORTE Y COMERCIO DE GUADUA, CAÑA BRAVA Y BAMBÚES: requisitos para transportar por fuera del sitio de aprovechamiento, productos de transformación primaria de la guadua y deberes de los adquirentes de productos.

Capítulo VIII: ASISTENCIA TÉCNICA: Obligatoriedad de la asistencia técnica forestal y reporte de Informes de avance del proyecto a la CAR y visitas de supervisión.

Capítulo IX: DISPOSICIONES FINALES: Régimen de transición y vigencia y derogatorias de las disposiciones sobre aprovechamiento, manejo y establecimiento de guadua.

5. LA CADENA PRODUCTIVA DE LA GUADUA EN LA REGIÓN

Ante la crisis que experimenta el sector agropecuario Colombiano, las regiones buscan alternativas económicas que contribuyan al desarrollo empresarial y a mejorar la rentabilidad del campo. Entre esas alternativas surge la Guadua como una opción importante para los diferentes sectores de la industria nacional, como lo son: la construcción, la industria del mueble, la industria de los laminados y los pisos entre otras.

Bajo un enfoque de competitividad la cadena productiva parte del conocimiento del mercado, del establecimiento de los márgenes de comercialización y rentabilidad del negocio.

En la cadena productiva de la guadua se identifican cuatro (4) eslabones y sus respectivos actores. Ver cuadro de actores de la cadena productiva de la guadua.

5.1. CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA PRODUCTIVA

La cadena productiva de la guadua busca atacar directamente los problemas ya identificados en cada uno de los eslabones, para así mejorar las condiciones de los actores de cada eslabón por medio de las siguientes acciones estratégicas:

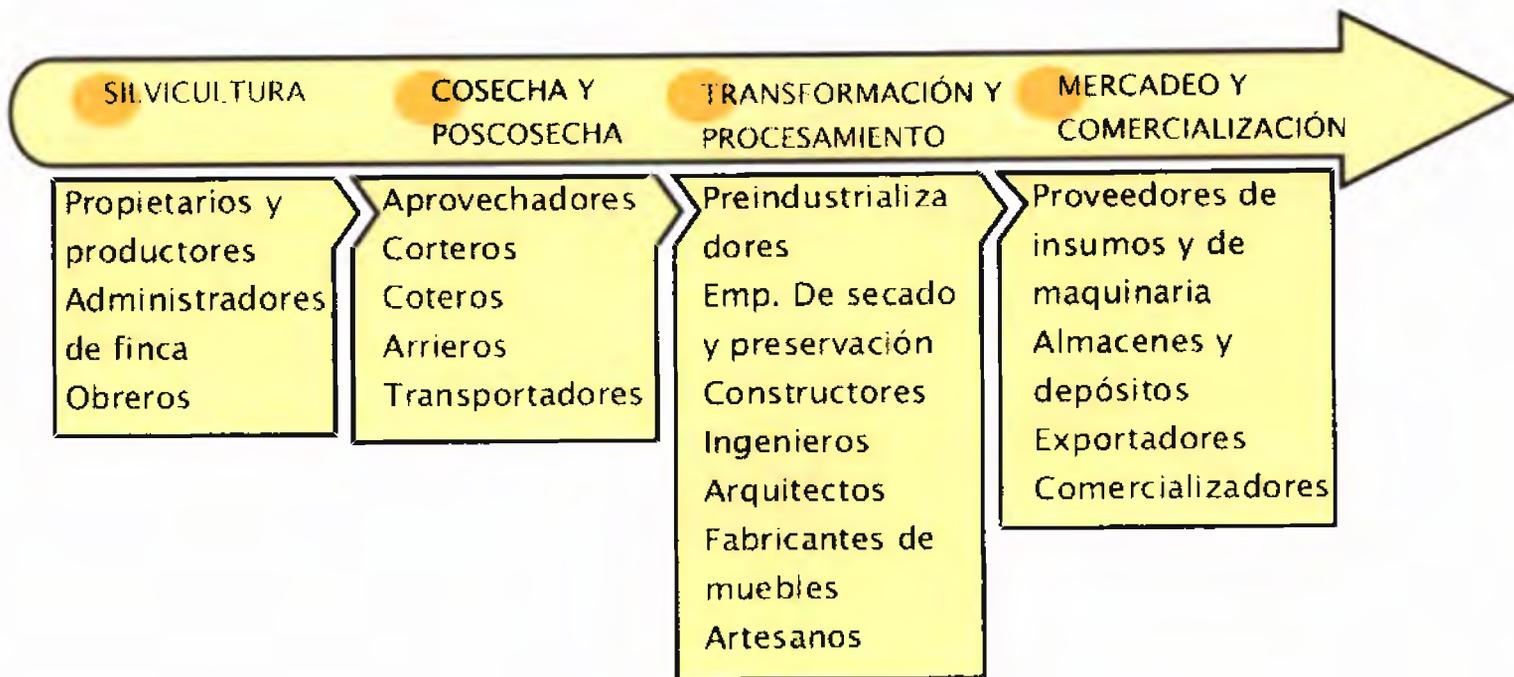
- Creación y consolidación de organizaciones de propietarios y aprovechadores.
- Desarrollo de programas de capacitación de acuerdo con las necesidades de los sectores productivos de la guadua.
- Creación de incentivos a la reforestación, conservación y manejo de orden local, regional y nacional.
- Desarrollo de proyectos de investigación que garanticen la preservación de la base genética del recurso.
- Desarrollo de un programa de negociación de bienes y servicios ambientales de los guaduales naturales y plantados.
- Promover la participación y organización comunitaria empresarial y académica para el manejo y aprovechamiento de la guadua, en la eco-región del eje cafetero. Ver cuadro de problemas de la cadena productiva de la guadua.

MARCO ESTRATÉGICO PARA EL NEGOCIO DE ARTESANÍAS:

- **Visión:** El eje cafetero será el centro mundial de producción transformación de la guadua en el mundo.
- **Misión:** El Consejo Nacional de la Guadua, maneja políticas claras, generará y coordinará proyectos y programas que permitan articular un entorno competitivo para los negocios de la guadua y para consolidar las artesanías colombianas de guadua, con principios de equidad, desarrollo sostenible y viabilidad ambiental.
- **Objetivo general:** ampliar el mercado de las artesanías en guadua y sus derivados con el fin de mejorar las condiciones de vida de la población directamente involucrada.

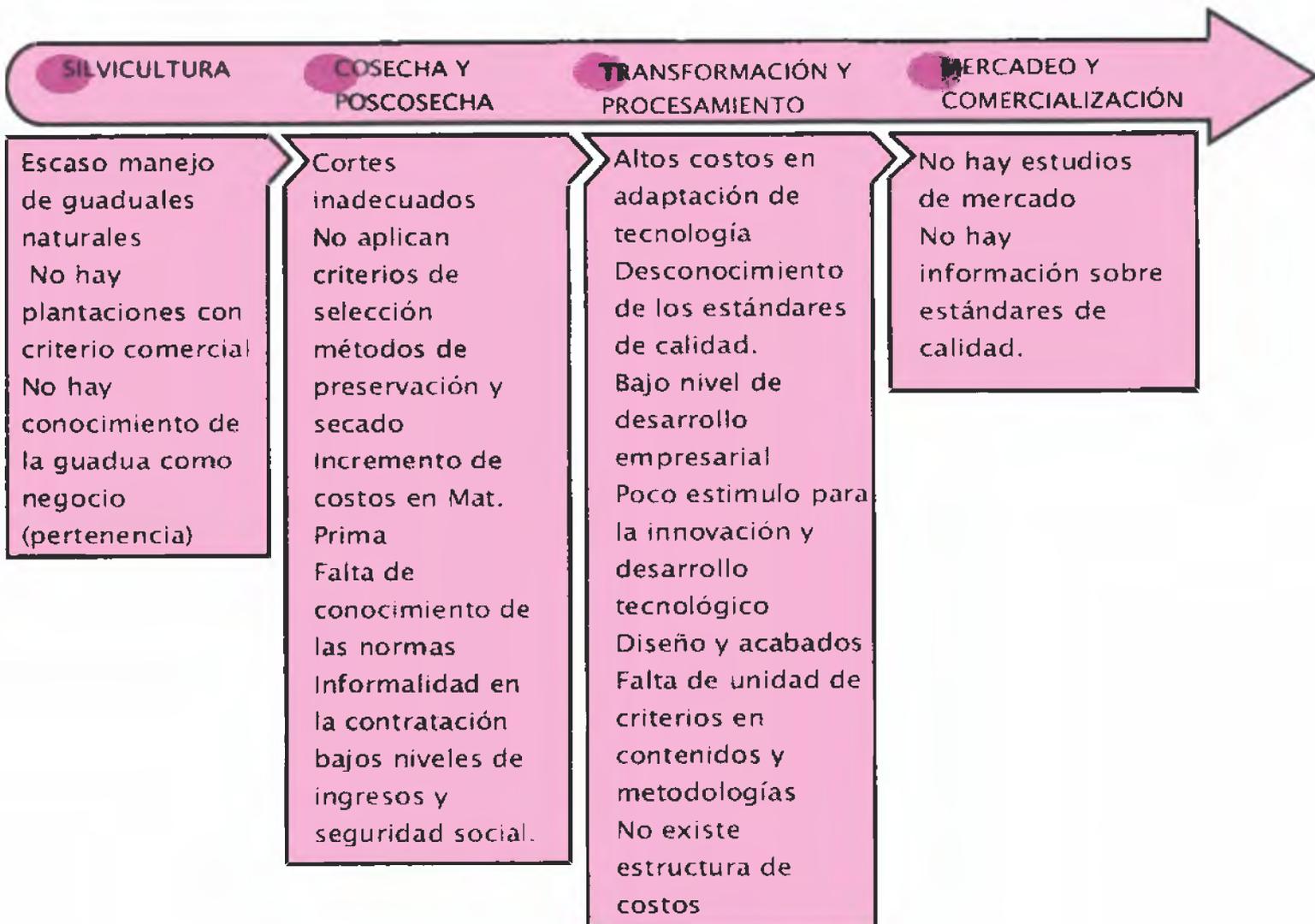
MARCO ESTRATÉGICO PARA EL NEGOCIO DE LAMINADOS:

- **Visión:** El sector de laminados en guadua, se proyecta para el año 2020 como uno de los principales renglones de la economía colombiana.
- **Misión:** El sector de laminados en guadua participará de los mercados nacionales e internacionales, con los requerimientos de calidad, tecnología precios y productividad, exigidos por la demanda a nivel mundial.
- **Objetivo general:** consolidar una estrategia integral de innovación y desarrollo tecnológico en el marco de competitividad de la cadena productiva de la guadua, que permita articular sus componentes en función de la demanda de los mercados.



5.4.

ACTORES DE LA CADENA PRODUCTIVA DE LA GUADUA



6. PARAMETROS DE PRODUCCIÓN DE LA GUADUA LAMINADA

A continuación se hará una descripción del proceso productivo más común que se lleva a cabo en el eje cafetero para la obtención de tableros y bloques de guadua laminada. Este proceso consta de tres grandes etapas (aprovechamiento, producción y transformación).

6.1. OBTENCIÓN DE LATAS

A. Cosecha

El proceso productivo empieza a partir de la cosecha. Los corteros cortan la guadua entre la 1:00 y las 4:00 de la mañana en luna menguante, debido a que en esta época las mareas de la tierra bajan y por consiguiente el agua, que la guadua ha acumulado, desciende hacia el rizoma (caimán).



Para llevar a cabo el proceso de cosechado se usan tecnologías básicas como herramientas manuales como el machete, en otros casos se usa la sierra eléctrica manual para la operación de cosechado.

B. Arreo

Las guaduas maduras se encuentran generalmente en el centro del guadual y la mayoría de los guaduales están en zonas de altas pendientes, es por esta razón que se hace necesario el arreo de las guaduas a través de animales de carga, la mayoría de las veces por caballos. El arreo se efectúa montando la carga (guadua rolliza recién cortada) en caballos o burros de carga utilizando sogas.



C. Selección de la guadua

Para la obtención de tablillas se necesita guadua de mínimo 12cm de diámetro, con un espesor de pared de 1.5cm.

Debe estar recién cortada, no más de 4 días, debido a que si se realiza la preservación natural (dejar la guadua 20 días parada dentro del guadual para que sus azúcares se conviertan en alcoholes) aparecen en las latas manchas que alteran la calidad del producto.

Además la guadua debe estar madura, es decir que debe tener al rededor de 5 años. Para saber cual es la guadua que ya está madura se pueden observar líquenes blancuzcos en todo el tronco de la misma.



D. Troceo

Se cortan las guaduas (Fig. 42) de una misma medida

En el mejor de los casos se alcanza a aprovechar el 38% del total de la guadua, dependiendo del ancho y espesor de las latas.



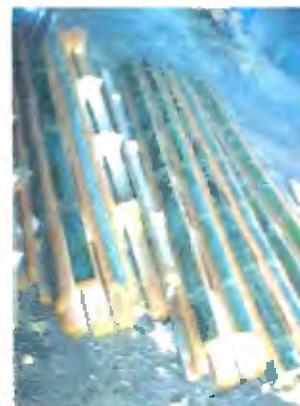
La tecnología utilizada para el proceso de troceo se basa en maquinaria industrial instalada en la planta como lo es la sierra circular.

Claro está que el largo de las tablillas depende del industrial, de acuerdo al producto que va a fabricar.

E. Aserrado – Doble corte

Con una sierra de cuchillas paralelas (Fig. 44) se logra que un solo operario vaya rotando el culmo de tal forma que se realicen los 6 cortes necesarios por guadua.

De esta manera se pueden producir 400 latas por hora aproximadamente. También se puede obtener mayor productividad de latas si para este proceso se usa una sierra estrella capaz de producir de 6.000 a 10.000 latas diarias, con dos operarios. Aún así las latas que salen de la sierra estrella tiene un corte radial y requieren de un emparejado posterior de los bordes.



Después de este doble corte las latas se sostienen unidas entre si, por los tabiques; para su desprendimiento se tiran los cúlmos al suelo y esos tabiques se separan (Fig.43).

F. Descortezado

En esta parte del proceso, como su nombre lo dice, se le quitan a las latas los nudos, pero además se retira toda la corteza de la planta.

Para hacer el denudado se usa la sierra de disco.



G. Residuos

Después del aserrado y el denudado quedan residuos sólidos grandes que se queman en el horno para producir energía para secar la guadua.

El aserrín que resulta de los cortes es utilizado como fertilizante.



H. Calidad

Es necesario verificar las latas para que no se vayan al siguiente paso del proceso latas que perjudiquen el cepillo, ya que una atascada del cepillo demora el proceso aproximadamente 2 horas. (teniendo en cuenta que se cepillan de 800 a 1000 latas por hora).

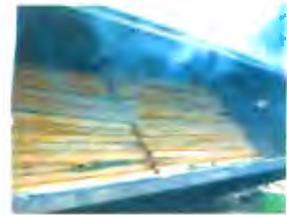


Desde que se corta la guadua hasta que se seca, pueden aparecer diferentes hongos como lo son la mancha azul, el hongo negro o la mancha roja.

6.2. OBTENCIÓN DE TABLILLAS

A. Cocción

La cocción de las latas se realiza en un tanque de acero inoxidable. Se cocinan en agua.



B. Residuos

De la cocción resulta un residuo líquido que contiene mucho almidón y mucho azúcar.



C. Preservación

En este punto del proceso productivo se acomodan todas las latas en una piscina con bórax y ácido bórico para hacerle un tratamiento de inmunización. (Fig. 53)

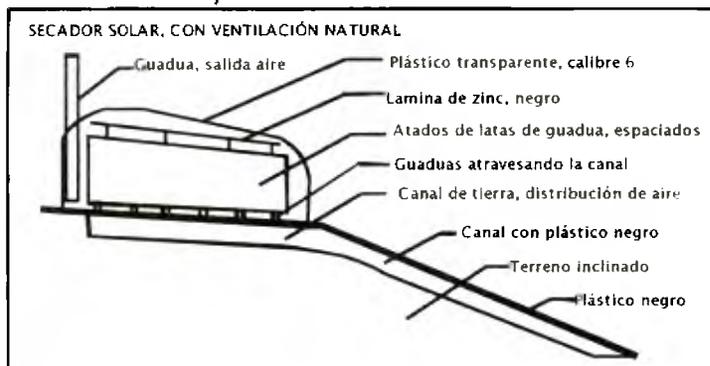


D. Secado

Después de la inmunización se llevan las latas a un horno o cámara de secado.

Existen diferentes formas de realizar el secado:

Secado por Aire - secado que se lleva a cabo utilizando el viento natural y el sol.



Secado con Cobertizo - secado con aire bajo un cobertizo.

Secado por Aire o con cobertizo Forzado-secado bajo cobertizo con un ventilador en un extremo

para soplar viento entre la madera.

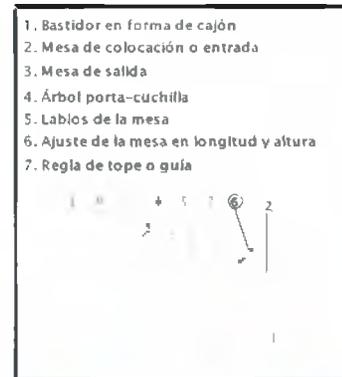
Secado con Horno - la madera se seca en una recamara controlando el flujo de aire, temperatura y humedad.

Cuando se seca la guadua se generan unas deformaciones, por esta razón es necesario que las latas estén con una dimensión superior para que cuando se sequen y se deformen, con el cepillado se pueda corregir.

E. Cepillado

Después de secadas las latas se llevan a cepillar.

Para lograr unas tablillas parejas y de iguales dimensiones es preferible cepillar las cuatro caras. La maquinaria apropiada es una molduradora o perfiladora de cuatro caras, con cuchillas de tungsteno.



F. Empaque de tablilla

En esta parte del proceso se pueden vender las tablillas ya dimensionadas y acabadas. Para esto se empaican generalmente en costales o simplemente se amarran las tablillas con una pita. Este proceso se hace de manera manual.



G. Blanqueamiento

El color se homogeniza con un proceso de blanqueamiento con peróxido de hidrógeno (agua con 2% hasta 4% de H₂O₂ en algunos casos se usa más el bisulfato), cocinándolo en un tanque durante una o dos horas. Este tratamiento también ablanda las fibras y libera tensiones dentro de las tablillas, que permiten una mayor densidad en el prensado final y descompone el almidón. La desventaja, independiente del costo por la evaporación del reactivo y la oxidación de los hierros cercanos a las calderas (en cemento) (Fig. 59), es el impacto sobre las paredes de las células de guadua.



H. Carbonización

Es el efecto contrario al blanqueamiento. En una autoclave (Fig. 60) se tratan las latillas de guadua con vapor caliente de 150 °C durante 30 minutos.

El efecto es un cambio en la tonalidad, cambiando a un ámbar oscuro y una homogenización del aspecto, para obtener otro acabado en los diferentes usos (como accesorios, por ejemplo)..

También se ablanda la fibra por el vapor, aunque la dureza después del secado es constante. La “mancha azul” sigue visible después de este tratamiento, aunque se destaca **menos**.

Este procedimiento penetra un 100% la guadua.



6.3. PROCESO DE LAMINACIÓN

A. Encolado

El encolado es el proceso en el cual se aplica el adhesivo a la guadua para ser armada y prensada posteriormente. Este proceso se puede realizar de dos maneras, la primera es aplicando el adhesivo en los cantos de la tablilla para hacer tableros mas delgados; la segunda es aplicando el adhesivo en las caras de las tablillas para unir cara con cara.



El tiempo y técnicas de aplicación dependen del tipo de adhesivo que se escoja. Normalmente este proceso se hace manualmente pero se puede usar encoladora pero solo en el caso de hacerlo por las caras de la tablilla.

B. Prensado

El prensado es necesario para que las tablillas se unan correctamente. Los tiempos, temperatura y parámetros de prensado dependen del tipo de adhesivo de se escoja para este proceso. Para el caso del PVA el adhesivo más usado para este proceso los tiempos son relativamente cortos con



una temperatura entre 15–80°C, y una presión de 1–10Kg/cm².

Actualmente se usa para este proceso, prensas manuales distribuidas equitativamente sobre el material, pero se puede implementar el uso de prensas hidráulicas que mejorarían los tiempos y la calidad de los prensados.

6.4. ANÁLISIS AMBIENTAL DE PROCESO DE PRODUCCIÓN

Tras la evaluación se detectan oportunidades de mejoramiento en las técnicas de producción ya que son muy artesanales. El posicionamiento en las demás estrategias demuestra que la guadua laminada es un material con grandes posibilidades para el aprovechamiento industrial. El 62% del material es subutilizado en el proceso de laminado (en sobrecarga y varillón), el corte se puede optimizar implementando nuevas y mejores tecnologías.

Cabe la posibilidad de fabricar aglomerados con algunos de los residuos del proceso. Existe una cantidad considerable de químicos usados durante el proceso, debe considerarse el impacto de los adhesivos usados, el prensado puede ser optimizado implementando nuevas y mejores tecnologías, es importante ofrecer nuevos productos para ser fabricados a partir de los tableros y bloques de guadua laminada.

En cuanto al final de la vida útil, es posible hacer nuevos planteamientos que den un aprovechamiento real del material (en cuanto a los adhesivos).

Rueda de LiDS tablillas



MATRIZ "MET"

Para poder analizar ambientalmente el proceso de fabricación de los laminados de guadua, se tomó como base la matriz generada en el trabajo de grado STRIATA, la cual está basada en la matriz MET. Algunos de los aspectos que se tratan en esta matriz son los siguientes:

- Materiales
- Desechos
- Entradas
- Salidas
- Proceso
- Maquinaria
- Energía

Con esta matriz se puede ver un panorama ambiental del proceso productivo de la guadua laminada, todas sus implicaciones y su incidencia en el medio ambiente.

Matriz "MET" tablillas

Al ecosistema
 Ruido
 Salud humana
 Sobrante
 Reciclaje o reutilizable

PROCESO	MATERIALES		ENERGÍA		DESECHOS				
	ENTRADA	SALIDA	MÁQUINA	ENTRADA	SALIDA				
Extracción de materia prima una hectárea		1350 culmosde guadua con su ramaje	Sierra eléctrica portátil	Eléctrica					Ramaje
			Machete	Manual					
Corte de culmos	1350 culmosde guadua limpia	4050 trozosde guadua	Sierra de disco desplazable	Trifásica					Viruta
Rajado de trozos	4050 trozos	24300latas	Tambor chino	Trifásica		Motores			Viruta
			Sierra de disco paralelo	Trifásica					
Rebajado de curvaturas int. Y ext.	24300 latas	24300 latas rebajadas	Sierra de disco paralelo	Trifásica		Motor			Viruta
Rebajado de curvaturas 2	24300 latas rústicas	24000 latas Canteadas	Canteadora	Eléctrica		Motor			Viruta
Pulido	24000 latas cantoneadas	24000 latas pulidas	Cepilladora	Eléctrica		Motor			Viruta

Con el desarrollo de esta matriz se puede determinar que el residuo más importante que genera la producción de tablillas es la viruta, no obstante, ésta puede ser reutilizada en la ganadería, en abono, combustible o en la producción de aglomerados de guadua.

7. PARAMETROS DE TRANSFORMACIÓN DE LA GUADUA LAMINADA

A. Corte

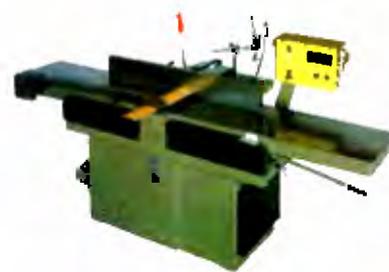
El corte es un proceso que consiste en separar piezas de una material en este caso los tableros o bloques de guadua laminada) por la acción de cintas o discos dentados cuyas aristas cortantes recorren una trayectoria constante, a medida que el material avanza se va desgastando y es desgarrado por los dientes.

Para esta operación se usan diferentes tipos de maquinarias como la caladora manual, la sierra de cinta, la sierra circular o las acolilladoras.



B. Cepillado.

El cepillado se usa para crear superficies completamente planas en tableros o bloques de guadua laminada, por medio de cuchillas rotativas que desgastan la piezas cuando esta entra en contacto con ellas. Las cepilladoras pueden ser de dos tipos las que cepillan una sola cara y las que cepillan dos caras a la vez.



C. Moldurado

El moldurado es el proceso que se realiza en los cantos de las piezas de guadua laminada con el objeto de darles un terminado y apariencia particular. Una moldura es un perfil de sección uniforme que por lo general sirve para adornar o reforzar una pieza del material.



D. Curvado

El proceso de curvado consiste en hacer que la guadua laminada (en tablillas) tome una forma curva preestablecida (Fig 69), para ello existen varios métodos y herramientas, los más utilizados son el curvado por entalladura y el curvado por



vapor, en ambos casos se requieren elementos de fijación como moldes y prensas que le ayuden al material a adoptar la forma deseada y mantenerla.

E. Lijado

El lijado es el proceso que permite preparar la superficie de los tableros y bloques de guadua laminada para tratamientos de acabado y mejorar su belleza y estructura, entre más liza se logre la superficie, mejor es su apariencia y mejor su respuesta ante el polvo y humedad.

Las maquinas lijadora ofrecen diferentes tipos de acabado dependiendo del grano de la cinta o disco de lijado.



F. Torneado

El torneado es el proceso por el cual se obtienen piezas de revolución a partir de bloques de guadua laminada. Se logra básicamente a partir de un movimiento de rotación hecho por la pieza de guadua mientras la herramienta hace movimientos rectilíneos y de penetración en la pieza.



G. Maquinado

Es un proceso de conformado por eliminación de material, la eliminación del material (bloques de guadua laminada) se realizan fundamentalmente por procesos mecánicos como el taladrado, escopleado y torneado (explicado anteriormente).



Matriz MET Procesos de Transformación

Al ecosistema
 Ruido
 Salud humana
 Sobrante
 Reciclaje o reutilizable

PROCESO	MATERIALES		ENERGÍA		DESECHOS				
	ENTRADA	SALIDA	MÁQUINA	ENTRADA	SALIDA				
CORTE	Laminados de guadua	Producto	Sierra eléctrica portátil	Eléctrica		Motor		Trozos	Viruta
			Discos de tungsteno						
CURVADO	Laminados de guadua	Producto curvado	Horno	Calórica					
TORNEADO	Bloques de guadua	Producto	Torno manual	Eléctrica		Motor			Viruta
MECANIZADO	Laminados y Bloques	Producto	Taladradora	Eléctrica		Motor		Trozos pequeños	Viruta
			Tornzadora de fresa						
			Roscadoras						
ACABADOS	Laminados y Bloques	Producto	Compresor	Eléctrica		Motor		Partículas pequeñas	
			Brochas						
MOLDURADO	Laminados y Bloques	Producto	Molduradora	Eléctrica		Motor			Viruta
LIJADO	Laminados y Bloques	Producto	Lijadora	Eléctrica		Motor			Viruta
CEPILLADO	Laminados y Bloques	Producto	Cepilladora	Eléctrica		Motor			Viruta

8. PRUEBAS Y ENSAYOS

8.1. PROTOCOLO DE ENSAYOS

8.1.1. PROPÓSITO:

Por medio de la obtención de datos, caracterizar las propiedades físico-mecánicas del material guadua laminada en su presentación de tableros, en laminados con PVAc, Úrea y melamina formaldehído y emulsión de isocianato, y comparar estos resultados con los obtenidos en los trabajos de grado previos de diseño industrial.

8.1.2. PRUEBAS:

Obtener los datos de la resistencia a la flexión.

Obtener los datos de la resistencia a la flexión estática paralela a la fibra.

Obtener los datos de la resistencia a la flexión estática perpendicular a la fibra.

Determinar la compresión paralela a la fibra

Determinar la compresión perpendicular a la fibra.

Determinar el esfuerzo de corte paralelo a la fibra.

Determinar el esfuerzo de corte perpendicular a la fibra .

Determinar el agrietamiento paralelo a la fibra.

Determinar el agrietamiento perpendicular a la fibra.

Determinar la tensión paralela a la fibra.

Determinar la tensión perpendicular a la fibra.

8.1.3. RECURSOS

Tiempo: cada prueba tiene un tiempo definido por la norma.

Fecha: Del 4 de octubre al 22 de noviembre de 2004.

Adecuación de materiales: probetas definidas por las normas para cada prueba.

Probetas: ver anexos probetas.

Equipos e instrumentos de medición: Normas técnica NTC 3377 y 2912 (ver requerimientos de instrumentos de medida y aparatos de prueba en las normas).

8.1.4 DEFINICIÓN DE VARIABLES

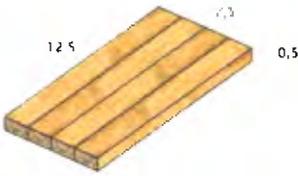
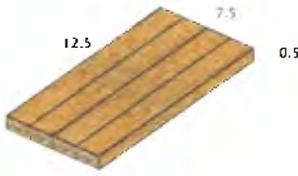
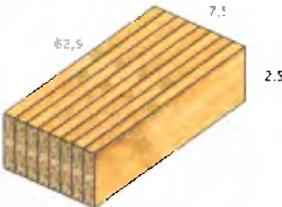
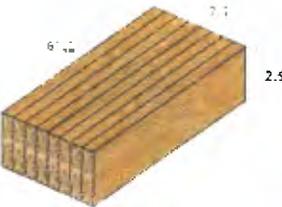
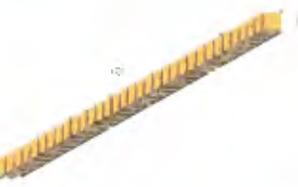
N°	Tipo	Nombre	Dimensión	Indicador
1	Ind.	Tipo de adhesivo.	Físico-mecánica	Comparación entre los laminados con cada uno de los adhesivos, para cada una de las pruebas en pruebas y probetas iguales.
2	Ind.	Tipo de laminado.	Físico-mecánica	Comparación entre los tipos de laminados con cada uno de los adhesivos, para cada una de las pruebas en pruebas y probetas iguales.
3.	Ind.	Tipo de acabado de la guadua	Físico-mecánica	Comparación entre los dos tipos de acabados de la guadua con la que se hacen los laminados (blancas y carbonizadas), para cada una de las pruebas en pruebas y probetas iguales.

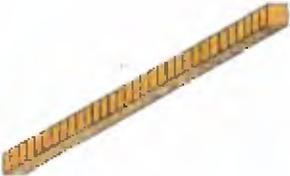
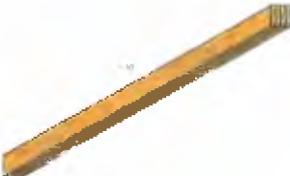
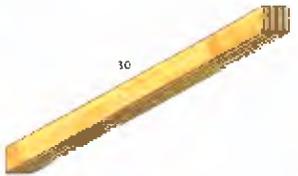
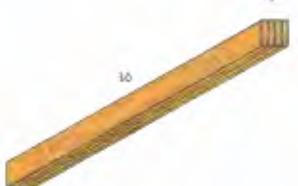
8.1.5. Diseño del procedimiento

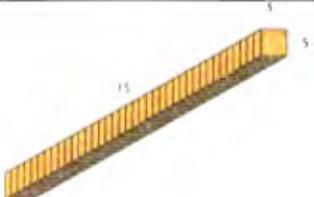
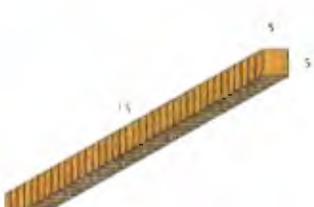
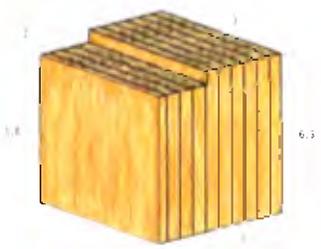
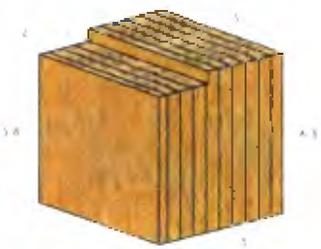
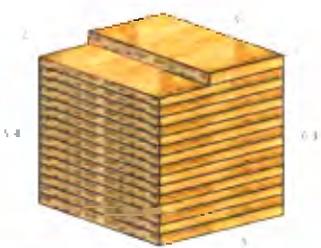
Normas técnica NTC 3377 y 2912 (ver procedimiento descrito en las normas).

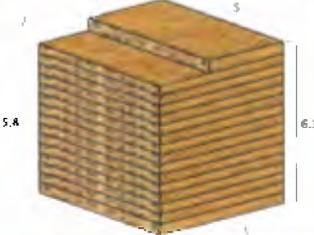
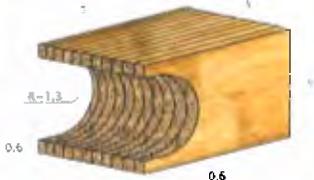
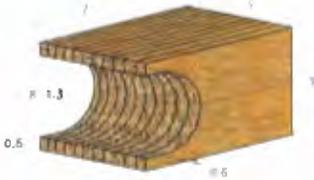
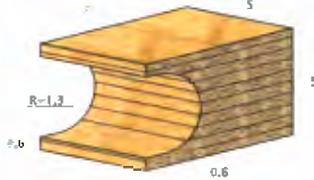
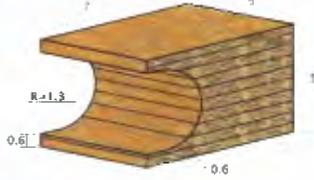
8.1.6. Diseño de formatos

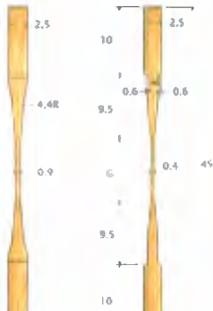
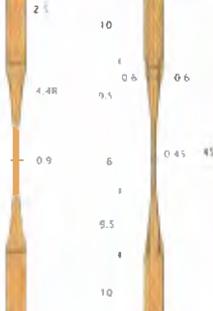
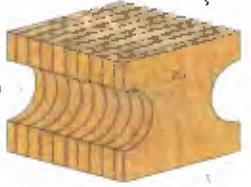
A. PVA

NOMBRE	PROBETAS	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
<p>1. Resistencia a la flexión en tableros</p> 		<p>Dimensiones: 12.5cm x 7.5cm x 0.5cm, Adhesivo: PVA Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Elongación: 5.0 mm Carga máxima: 136.6 Kg</p>
<p>2. Resistencia a la flexión en tableros</p> 		<p>Dimensiones: 12.5cm x 7.5cm x 0.5cm, Adhesivo: PVA Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Elongación: 3.23 mm Carga máxima: 121 Kg</p>
<p>3. Resistencia a la flexión en tableros</p> 		<p>Dimensiones: 62.5cm x 7.5cm x 2.5cm, Adhesivo: PVA Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 21.9 mm Carga máxima: 570 Kg</p>
<p>4. Resistencia a la flexión en tableros</p> 		<p>Dimensiones: 62.5cm x 7.5cm x 2.5cm, Adhesivo: PVA Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 25.2 mm Carga máxima: 484 Kg</p>
<p>5. Resistencia a la flexión estática paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 100cm, Adhesivo: PVA Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Elongación: 16.2 mm Carga máxima: 24 Kg</p>

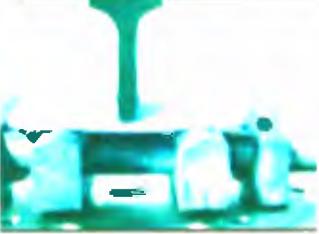
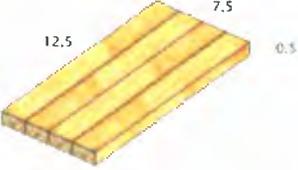
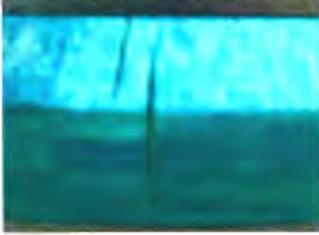
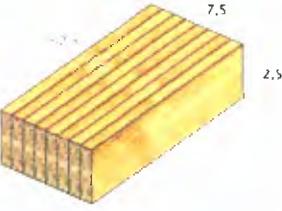
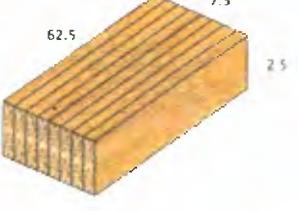
<p>6. Resistencia a la flexión estática paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 100cm, Adhesivo: PVA Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Elongación: 17.2 mm Carga máxima: 23.5 Kg</p>
<p>7. Resistencia a la flexión estática perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 100cm, Adhesivo: PVA Acabado: blanca Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 21.626 mm Carga máxima: 888 Kg</p>
<p>8. Resistencia a la flexión estática perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 100cm, Adhesivo: PVA Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 7.4 mm Carga máxima: 505 Kg</p>
<p>9. Compresión paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 30cm, Adhesivo: PVA Acabado: blanca Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Deformación: 100 mm Carga máxima: 7550 Kg</p>
<p>10. Compresión paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 30cm, Adhesivo: PVA Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Deformación: 81 mm Carga máxima: 6600 Kg</p>
<p>11. Compresión perpendicular a la fibra</p>		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 15cm,</p>	<p>Deformación: 17.72 mm Carga máxima:</p>

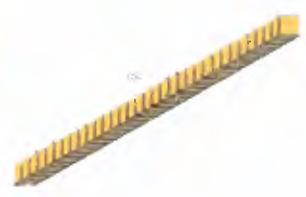
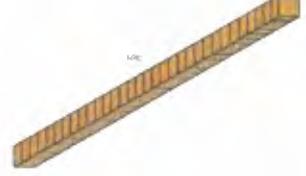
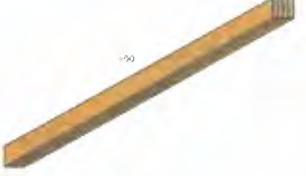
		Adhesivo: PVA Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.	1640 Kg
12. Compresión perpendicular a la fibra		Dimensiones: 5cm x 5cm x 15cm, Adhesivo: PVA Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.	Deformación: 21.59 mm Carga máxima: 1340 Kg
15. Esfuerzo de corte paralelo a la fibra 		Dimensiones: 63cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: PVA Acabado: blanca Especificaciones: pegada de cara.	Carga máxima: 2740 Kg
16. Esfuerzo de corte paralelo a la fibra 		Dimensiones: 63cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: PVA Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.	Carga máxima: 1450 Kg
17. Esfuerzo de corte perpendicular a la fibra 		Dimensiones: 63cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: PVA Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.	Carga máxima: 1500 Kg
18. Esfuerzo de corte perpendicular a la fibra		Dimensiones: 63cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: PVA	Carga máxima: 3000 Kg

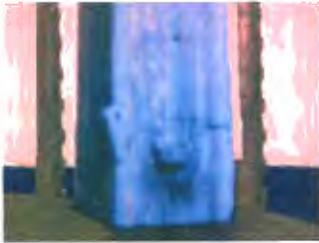
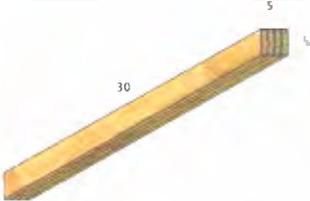
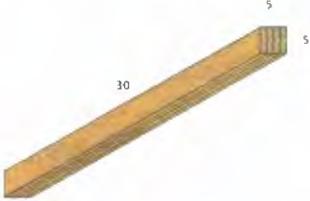
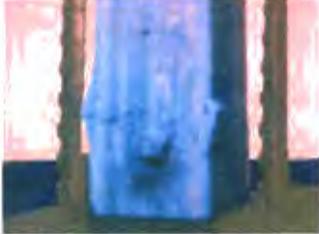
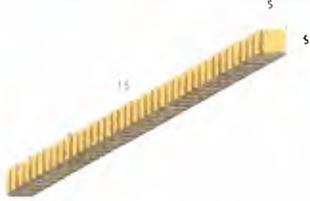
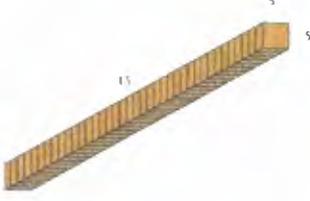
		<p>Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Se deforma pero no se corta</p>
<p>19. Agrietamiento</p> 		<p>Dimensiones: 7cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: PVA Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 220 Kg</p>
<p>20. Agrietamiento</p> 		<p>Dimensiones: 7cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: PVA Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 155 Kg</p>
<p>21. Agrietamiento</p> 		<p>Dimensiones: 7cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: PVA Acabado: blanca Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Carga máxima: 110 Kg</p>
<p>22. Agrietamiento</p> 		<p>Dimensiones: 7cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: PVA Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Carga máxima: 125 Kg</p>

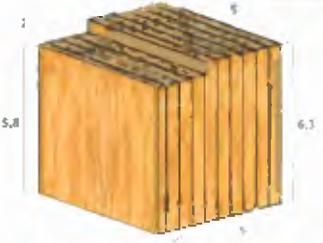
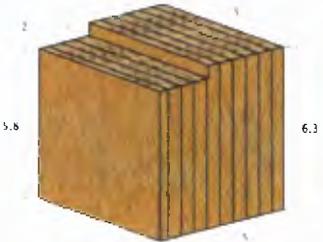
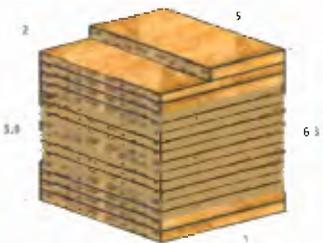
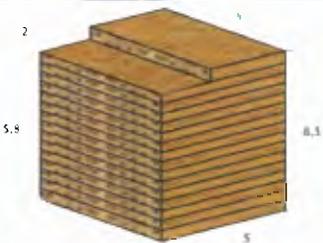
<p>23. Tensión paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: como lo indica la gráfica</p> <p>Adhesivo: PVA</p> <p>Acabado: blanca</p> <p>Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: $25.6\text{mm} \times 10^{-2}$</p> <p>Carga máxima: 1650 Kg</p>
<p>24. Tensión paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: como lo indica la gráfica</p> <p>Adhesivo: PVA</p> <p>Acabado: carbonizada</p> <p>Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: $23.4\text{mm} \times 10^{-2}$</p> <p>Carga máxima: 1250 Kg</p>
<p>25. Tensión perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica)</p> <p>Adhesivo: PVA.</p> <p>Acabado: blanca</p> <p>Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 210 Kg</p>
<p>26. Tensión perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica)</p> <p>Adhesivo: PVA.</p> <p>Acabado: carbonizada</p> <p>Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 230 Kg</p>

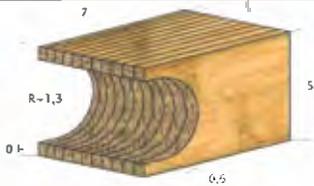
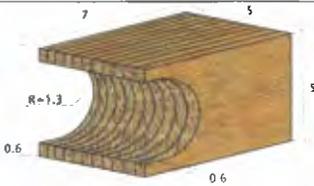
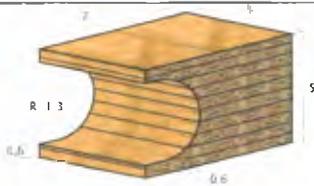
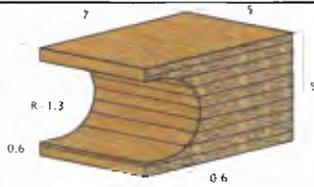
B. MELAMINA - ÚREA FORMALDEHÍDO

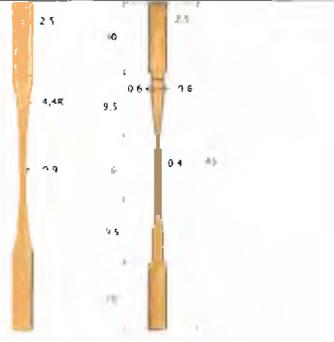
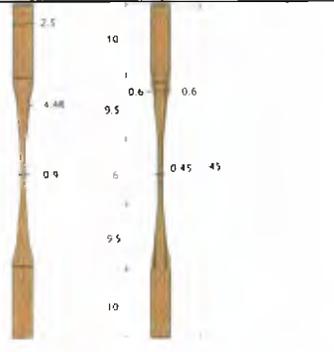
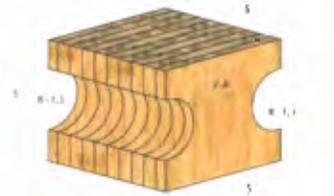
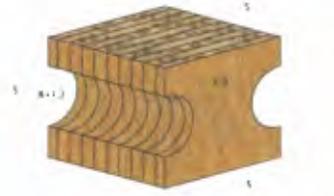
NOMBRE	PROBETAS	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
<p>1. Resistencia a la flexión en tableros</p> 		<p>Dimensiones: 12.5cm x 7.5cm x 0.5cm, Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Elongación: 5.38 mm Carga máxima: 201.6 Kg</p>
<p>2. Resistencia a la flexión en tableros</p> 		<p>Dimensiones: 12.5cm x 7.5cm x 0.5cm, Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Elongación: 4.32 mm Carga máxima: 114 Kg</p>
<p>3. Resistencia a la flexión en tableros</p> 		<p>Dimensiones: 62.5cm x 7.5cm x 2.5cm, Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 21.1 mm Carga máxima: 609.6 Kg</p>
<p>4. Resistencia a la flexión en tableros</p> 		<p>Dimensiones: 62.5cm x 7.5cm x .5cm, Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 12.03 mm Carga máxima: 366 Kg</p>

<p>5. Resistencia a la flexión estática paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 100cm, Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Elongación: 23.48 mm Carga máxima: 14.8 Kg</p>
<p>6. Resistencia a la flexión estática paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 100cm, Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Elongación: 10.46 mm Carga máxima: 33.76 Kg</p>
<p>7. Resistencia a la flexión estática perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 100cm, Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 23.73 mm Carga máxima: 1075.5 Kg</p>
<p>8. Resistencia a la flexión estática perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 100cm, Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 24.72 mm Carga máxima: 974.4 Kg</p>

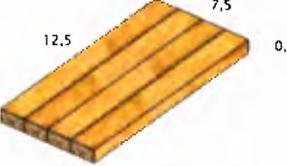
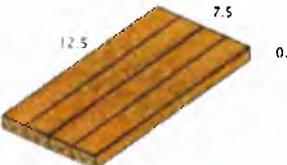
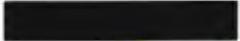
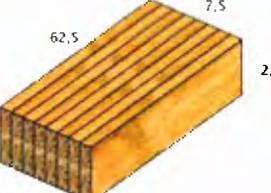
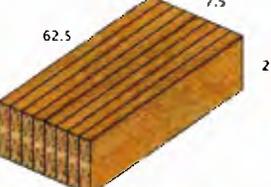
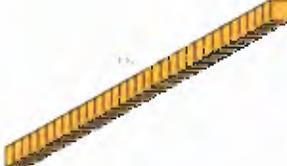
<p>9. Compresión paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 30cm, Adhesivo: Melamina – Urea formaldehído. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Deformación: 41.5 mm Carga máxima: 9600 Kg</p>
<p>10. Compresión paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 30cm, Adhesivo: Melamina – Urea formaldehído. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Deformación: 47mm Carga máxima: 8000 Kg</p>
<p>11. Compresión perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 15cm, Adhesivo: Melamina – Urea formaldehído. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Deformación: 27.59 mm Carga máxima: 2496 Kg</p>
<p>12. Compresión perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 15cm, Adhesivo: Melamina – Urea formaldehído. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Deformación: 31.6 mm Carga máxima: 1716 Kg</p>

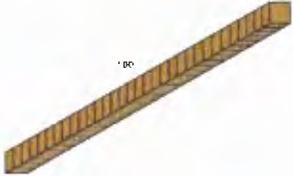
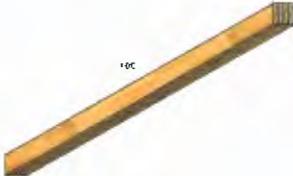
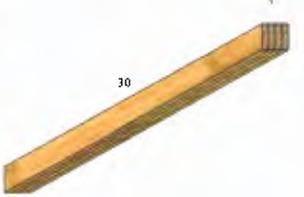
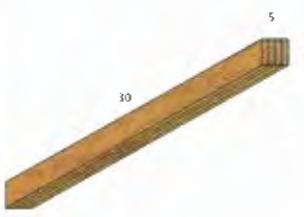
<p>13. Esfuerzo de corte paralelo a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 63cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: blanca</p> <p>Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Carga máxima: 1750 Kg</p>
<p>14. Esfuerzo de corte paralelo a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 63cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: carbonizada</p> <p>Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Carga máxima: 2200 Kg</p>
<p>15. Esfuerzo de corte perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 63cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: PVA Acabado: blanca</p> <p>Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 1500 Kg</p>
<p>16. Esfuerzo de corte perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 63cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: carbonizada</p> <p>Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>A los 1200Kg se despega el pegante A los 1650 se empieza a aplastar</p> <p>Se deforma pero no se corta</p>

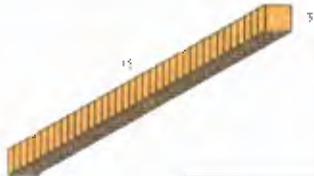
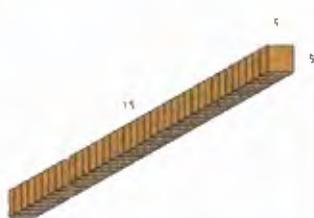
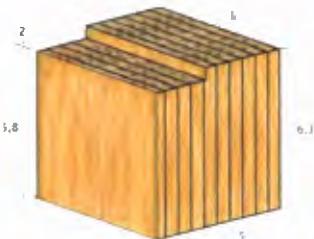
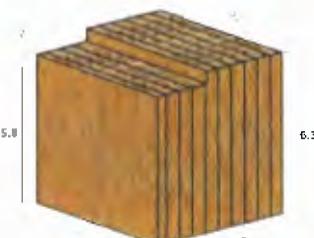
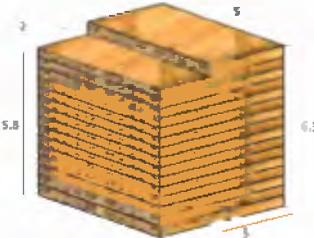
<p>17 Agrietamiento</p> 		<p>Dimensiones: 7cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: Melamina – Urea formaldehído. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 130 Kg</p>
<p>18 Agrietamiento</p> 		<p>Dimensiones: 7cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: Melamina – Urea formaldehído. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 90 Kg</p>
<p>19. Agrietamiento</p> 		<p>Dimensiones: 7cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: Melamina – Urea formaldehído. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Carga máxima: 80 Kg</p>
<p>20. Agrietamiento</p> 		<p>Dimensiones: 7cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: Melamina – Urea formaldehído. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Carga máxima: 100 Kg</p>

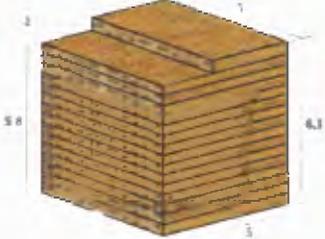
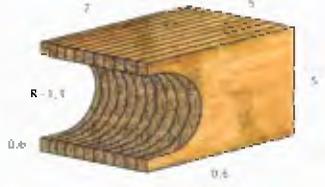
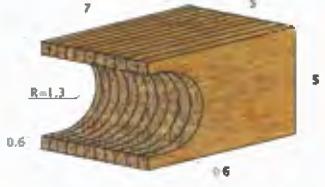
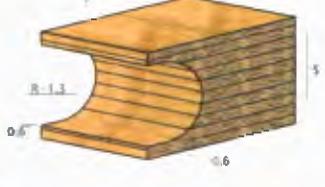
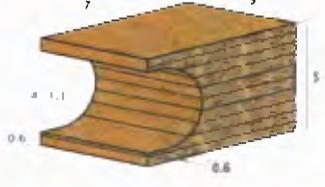
<p>21. Tensión paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: como lo indica la gráfica</p> <p>Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído.</p> <p>Acabado: blanca</p> <p>Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 25.6mmx10⁻²</p> <p>Carga máxima: 1.650 Kg</p>
<p>22. Tensión paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: como lo indica la gráfica</p> <p>Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído.</p> <p>Acabado: carbonizada</p> <p>Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 23.4mmx10⁻²</p> <p>Carga máxima: 1250 Kg</p>
<p>23. Tensión perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica)</p> <p>Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído.</p> <p>Acabado: blanca</p> <p>Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 135 Kg</p>
<p>24. Tensión perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica)</p> <p>Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído.</p> <p>Acabado: carbonizada</p> <p>Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 58 Kg</p>

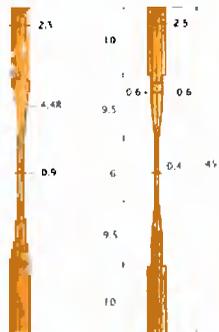
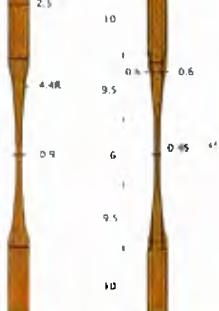
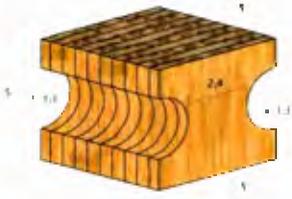
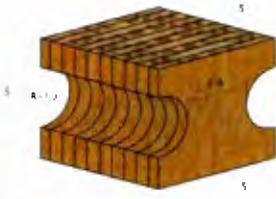
C. EPI

NOMBRE	PROBETAS	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
<p>1. Resistencia a la flexión en tableros</p> 		<p>Dimensiones: 12.5cm x 7.5cm x 0.5cm, Adhesivo: EPI. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Elongación: 5.63 mm Carga máxima: 217.7 Kg</p>
<p>2. Resistencia a la flexión en tableros</p> 		<p>Dimensiones: 12.5cm x 7.5cm x 0.5cm, Adhesivo: EPI. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Elongación: 4.21 mm Carga máxima: 119.8 Kg</p>
<p>3. Resistencia a la flexión en tableros</p> 		<p>Dimensiones: 62.5cm x 7.5cm x 2.5cm, Adhesivo: EPI. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 21.6 mm Carga máxima: 610.2 Kg</p>
<p>4. Resistencia a la flexión en tableros</p> 		<p>Dimensiones: 62.5cm x 7.5cm x .5cm, Adhesivo: EPI. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 18.09 mm Carga máxima: 466 Kg</p>
<p>5. Resistencia a la flexión estática paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 100cm, Adhesivo: EPI. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Elongación: 21.5 mm Carga máxima: 29.01 Kg</p>

<p>6. Resistencia a la flexión estática paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 100cm, Adhesivo: EPI. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Elongación: 15.91 mm Carga máxima: 25 Kg</p>
<p>7. Resistencia a la flexión estática perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 100cm, Adhesivo: EPI. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 23.61 mm Carga máxima: 1081.2 Kg</p>
<p>8. Resistencia a la flexión estática perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 100cm, Adhesivo: EPI. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 19.67 mm Carga máxima: 998.9 Kg</p>
<p>9. Compresión paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 30cm, Adhesivo: EPI. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Deformación: 110 mm Carga máxima: 8068 Kg</p>
<p>10. Compresión paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 30cm, Adhesivo: EPI. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Deformación: 101mm Carga máxima: 7590 Kg</p>
<p>11. Compresión perpendicular a la fibra</p>		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x</p>	<p>Deformación: 24.61 mm</p>

<p>fibra</p>		<p>15cm, Adhesivo: EPI. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 1993 Kg</p>
<p>12. Compresión perpendicular a la fibra</p>		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 15cm, Adhesivo: EPI. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Deformación: 37.03 mm Carga máxima: 1550 Kg</p>
<p>15. Esfuerzo de corte paralelo a la fibra</p>	 	<p>Dimensiones: 63cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: EPI. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Carga máxima: 3150 Kg</p>
<p>16. Esfuerzo de corte paralelo a la fibra</p>	 	<p>Dimensiones: 63cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: EPI. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Carga máxima: 1870 Kg</p>
<p>17. Esfuerzo de corte perpendicular a la fibra</p>	 	<p>Dimensiones: 63cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: EPI. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 1480 Kg</p>
<p>18. Esfuerzo de corte perpendicular a la fibra</p>		<p>Dimensiones: 63cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica)</p>	<p>A los 2900Kg se despega el pegante Se deforma pero no se corta</p>

		<p>Adhesivo: EPI. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	
<p>19. Agrietamiento</p> 		<p>Dimensiones: 7cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: EPI. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 270 Kg</p>
<p>20. Agrietamiento</p> 		<p>Dimensiones: 7cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: EPI. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 180 Kg</p>
<p>21. Agrietamiento</p> 		<p>Dimensiones: 7cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: EPI. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Carga máxima: 135 Kg</p>
<p>22. Agrietamiento</p> 		<p>Dimensiones: 7cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: EPI. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Carga máxima: 112 Kg</p>

<p>23. Tensión paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: como lo indica la gráfica Adhesivo: EPI. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 25.6mmx10⁻² Carga máxima: 1.650 Kg</p>
<p>24. Tensión paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: como lo indica la gráfica Adhesivo: EPI. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 23.4mmx10⁻² Carga máxima: 1250 Kg</p>
<p>25. Tensión perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: EPI. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 184 Kg</p>
<p>26. Tensión perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: EPI. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 198 Kg</p>

9. CONCLUSIONES

A partir de las pruebas realizadas, validamos los parámetros de producción de los tableros y bloques de guadua laminada de los cuales encontramos las siguientes conclusiones.

9.1. PVAc

A. FLEXIÓN:

- La resistencia del material es mayor en las probetas blancas que en las carbonizadas.
- Los nudos son un factor determinante en el momento de deformar el material ya que éstos son la principal causa de falla.
- La elongación del material es menor en las probetas carbonizadas que en las probetas blancas.
- Las probetas pegadas de cara resisten más que las pegadas de canto.
- Cuando las probetas van unidas de canto fallan por la línea de pegue.
- La falla se dio en todas las probetas por el punto donde se ejercía el esfuerzo localizado.
- En la resistencia a la flexión en tableros pegados de canto las probetas blancas tiene mayor elongación y resisten más carga (elongación de 5.0 mm y carga máxima de 136.6Kg, contra una elongación de 3.23 mm y una carga máxima de 121Kg de las probetas carbonizadas).
- En la resistencia a la flexión en tableros pegados de cara las probetas carbonizadas tienen mayor elongación (25.2 mm contra 21.9 mm de las probetas blancas) pero resisten menos carga que las blancas (484Kg contra 570Kg de las blancas).
- En la resistencia a la flexión estática perpendicular a la fibra las probetas blancas tiene mayor elongación y resisten más carga (elongación de 21.626 mm y carga máxima de 888Kg, contra una elongación de 7.4 mm y una carga máxima de 505Kg de las probetas carbonizadas).

- En la resistencia a la flexión estática paralela a la fibra las probetas carbonizadas tienen mayor elongación (17.2 mm contra 16.2 mm de las probetas blancas) pero resisten menos carga que las blancas (23Kg contra 24Kg de las blancas). Estos datos tienen que ver con la capacidad del adhesivo.

B. COMPRESIÓN:

- En compresión paralela a la fibra las probetas tienden a fallar por el nudo.
- El material tiene comportamiento elástico pues las probetas que no se sometieron hasta que fallara el material, recuperaron su forma inicial al retirarles la carga.
- En compresión paralela a la fibra las probetas comienzan a fallar por la línea de pegue.
- En compresión paralela a la fibra las probetas blancas tienen mayor grado de deformación y resisten más carga (deformación de 100 mm y carga máxima de 7.500Kg, contra deformación de 81mm y carga máxima de 6.600Kg de las probetas carbonizadas).

C. TENSIÓN:

- Las fallas no se presentaron en la línea de pegue.
- El rompimiento de las fibras se da progresivamente hasta que se desprenden totalmente en dos partes.
- Los nudos son un factor determinante en el momento de deformar el material ya que éstos son la principal causa de falla.
- En las pruebas de tensión perpendicular a la fibra, las probetas carbonizadas resistieron más que las blancas (carbonizada 230Kg y blanca 210 Kg de carga máxima).

D. CORTE:

- En las comprobaciones de esfuerzo de corte paralelo a la fibra las probetas blancas resistieron más carga que las carbonizadas (2.740Kg y 1.450Kg respectivamente).
- En el esfuerzo de corte perpendicular a la fibra, las probetas se deforman pero no se cortan.
- En el esfuerzo de corte perpendicular a la fibra, las probetas blancas resistieron menos carga que las carbonizadas. La carga máxima para las probetas blancas fue de 1.500Kg y para las probetas carbonizadas fue de 3.000Kg.
- En el esfuerzo de corte perpendicular a la fibra, las probetas presentan fallas en las líneas de pegante.

E. AGRIETAMIENTO

- En las pruebas de agrietamiento resistieron más carga las probetas blancas en sentido vertical (blancas resistieron una carga máxima de 220Kg, mientras que las carbonizadas resistieron 155Kg) y las carbonizadas en sentido horizontal (blancas resistieron una carga máxima de 110Kg, mientras que las carbonizadas resistieron 125Kg).
- Las probetas no fallaron por la línea de pegue.

9.2. MELAMINA – ÚREA FORMALDEHÍDO

A. FLEXIÓN:

- La resistencia del material es mayor en las probetas blancas que en las carbonizadas.
- Los nudos son un factor determinante en el momento de deformar el material ya que éstos son la principal causa de falla.
- La elongación del material es menor en las probetas carbonizadas que en las probetas blancas.

- Las probetas pegadas de cara resisten más que las pegadas de canto.
- Cuando las probetas van unidas de canto fallan por la línea de pegue.
- La falla se dio en todas las probetas por el punto donde se ejercía el esfuerzo localizado.
- En la resistencia a la flexión en tableros pegados de canto las probetas blancas tiene mayor elongación y resisten más carga (elongación de 5.38 mm y carga máxima de 201.6Kg, contra una elongación de 4.32 mm y una carga máxima de 114Kg de las probetas carbonizadas).
- En la resistencia a la flexión en tableros pegados de cara las probetas blancas tiene mayor elongación y resisten más carga (elongación de 21.1 mm y carga máxima de 609.6Kg, contra una elongación de 12.03 mm y una carga máxima de 366Kg de las probetas carbonizadas).
- En la resistencia a la flexión estática perpendicular a la fibra las probetas blancas resisten más carga (carga máxima de 1075.5Kg, contra carga máxima de 974.4Kg de las probetas carbonizadas).pero las dos, blancas y carbonizadas, tiene igual elongación (elongación de 23.73mm en probetas blancas, contra una elongación de 24.72 mm en las probetas carbonizadas).
- En la resistencia a la flexión estática paralela a la fibra las probetas blancas tiene mayor elongación y resisten más carga (elongación de 23.48 mm y carga máxima de 14.8Kg, contra una elongación de 10.46 mm y una carga máxima de 33.76Kg de las probetas carbonizadas). Estos datos tienen que ver con la capacidad del adhesivo.

B. COMPRESIÓN:

- En compresión paralela a la fibra las probetas tienden a fallar por el nudo.
- En compresión paralela a la fibra las probetas comienzan a fallar por la línea de pegue.
- El adhesivo falla en el punto de flexión.

- En la compresión paralela a la fibra las probetas carbonizadas tienen mayor deformación (47 mm contra 41.5 mm de las probetas blancas) pero resisten menos carga que las blancas (8.000Kg contra 9.600Kg de las blancas).

C. TENSION:

- En la tensión perpendicular a la fibra las fallas se presentaron principalmente en la línea de pegue (especialmente en las probetas carbonizadas).
- El rompimiento de las fibras se da progresivamente hasta que se desprenden totalmente en dos partes.
- Los nudos son un factor determinante en el momento de deformar el material ya que éstos son la principal causa de falla.
- En las pruebas de tensión perpendicular a la fibra, las probetas blancas resistieron más que las carbonizadas (carbonizada 58Kg y blanca 135 Kg de carga máxima).
- En las pruebas de tensión perpendicular al grano se genera un desprendimiento de las fibras a nivel longitudinal.
- En la tensión perpendicular a la fibra el nudo es la principal fuente de fallas.
- En la tensión perpendicular a la fibra las probetas blancas poseen una mayor elongación y mayor carga (blanca: elongación de 25.6mmx10 y carga máxima: 1.650 Kg; carbonizada: elongación de 23.4mmx10 y carga máxima: 1.250 Kg).

D. CORTE:

- En las comprobaciones de esfuerzo de corte paralelo a la fibra las probetas blancas resistieron menos carga que las carbonizadas (1.750Kg y 2.200Kg respectivamente).
- En el esfuerzo de corte perpendicular a la fibra las probetas se deforman pero no se cortan.

- En el esfuerzo de corte perpendicular a la fibra las probetas blancas resistieron menos carga que las carbonizadas. La carga máxima para las probetas blancas fue de 1.500Kg y para las probetas carbonizadas fue de 1.650Kg.
- En el esfuerzo de corte perpendicular a la fibra, el adhesivo en las probetas carbonizadas se despegó a los 1.200Kg.

E. AGRIETAMIENTO

- En las pruebas de agrietamiento resistieron más carga las probetas blancas en sentido vertical (blancas resistieron una carga máxima de 130Kg, mientras que las carbonizadas resistieron 90Kg) y las carbonizadas en sentido horizontal (blancas resistieron una carga máxima de 80Kg, mientras que las carbonizadas resistieron 100Kg).
- Las probetas carbonizadas fallaron por la línea de pegue.

9.3. EMULSIÓN DE ISOCIANATO – EPI

A. FLEXIÓN:

- La resistencia del material es mayor en las probetas blancas que en las carbonizadas.
- Los nudos son un factor determinante en el momento de deformar el material ya que éstos son la principal causa de falla.
- La elongación del material es menor en las probetas carbonizadas que en las probetas blancas.
- Las probetas pegadas de cara resisten más que las pegadas de canto.
- Cuando las probetas van unidas de canto fallan por la línea de pegue.
- La falla se dio en todas las probetas por el punto donde se ejercía el esfuerzo localizado.
- En la resistencia a la flexión en tableros pegados de canto las probetas blancas tienen mayor elongación y resisten más carga.

(elongación de 5.63mm y carga máxima de 217.7Kg, contra una elongación de 4.21mm y una carga máxima de 119.8Kg de las probetas carbonizadas).

- En la resistencia a la flexión en tableros pegados de cara las probetas blancas tienen mayor elongación (21.6mm contra 18.9mm de las probetas blancas) pero resisten menos carga que las carbonizadas (610.2Kg contra 466Kg de las blancas).
- En la resistencia a la flexión estática perpendicular a la fibra las probetas blancas tiene mayor elongación y resisten más carga (elongación de 23.61mm y carga máxima de 1081.2Kg, contra una elongación de 19.67mm y una carga máxima de 998.9Kg de las probetas carbonizadas).
- En la resistencia a la flexión estática paralela a la fibra las probetas blancas tienen mayor elongación (21.5mm contra 15.91mm de las probetas carbonizadas) y resisten mas carga las blancas (29.01Kg contra 25Kg de las carbonizadas). Estos datos tienen que ver con la capacidad del adhesivo.

B. COMPRESIÓN:

- En compresión paralela a la fibra las probetas tienden a fallar por el nudo.
- El material tiene comportamiento elástico pues las probetas que no se sometieron hasta que fallara el material, recuperaron su forma inicial al retirarles la carga.
- En compresión paralela a la fibra las probetas comienzan a fallar por la línea de pegue.
- En compresión paralela a la fibra las probetas blancas tienen mayor grado de deformación y resisten más carga (deformación de 110mm y carga máxima de 8068Kg, contra deformación de 101mm y carga máxima de 7590Kg de las probetas carbonizadas).

C. TENSIÓN:

- Las fallas no se presentaron en la línea de pegue.

- El rompimiento de las fibras se da progresivamente hasta que se desprenden totalmente en dos partes.
- Los nudos son un factor determinante en el momento de deformar el material ya que éstos son la principal causa de falla.
- En las pruebas de tensión perpendicular a la fibra, las probetas carbonizadas resistieron más que las blancas (carbonizada 198Kg y blanca 184Kg de carga máxima).

D. CORTE:

- En las comprobaciones de esfuerzo de corte paralelo a la fibra las probetas blancas resistieron más carga que las carbonizadas (3150Kg y 1870Kg respectivamente).
- En el esfuerzo de corte perpendicular a la fibra, las probetas se deforman pero no se cortan.
- En el esfuerzo de corte perpendicular a la fibra, las probetas blancas resistieron menos carga que las carbonizadas. La carga máxima para las probetas blancas fue de 1480Kg y para las probetas carbonizadas fue de 2900Kg.
- En el esfuerzo de corte perpendicular a la fibra, las probetas no presentan fallas en las líneas de pegante.

E. AGRIETAMIENTO

- En las pruebas de agrietamiento resistieron más carga las probetas blancas en sentido vertical (blancas resistieron una carga máxima de 270Kg, mientras que las carbonizadas resistieron 180Kg) y las carbonizadas en sentido horizontal (blancas resistieron una carga máxima de 135Kg, mientras que las carbonizadas resistieron 112Kg).
- Las probetas no fallaron por la línea de pegue.

10. PROCESAMIENTO DE LOS LAMINADOS

Partiendo de la definición y fabricación de los laminados anteriormente tipificados se sometió cada uno de los ocho (8) tipos de tableros a diferentes pruebas de transformación (corte, lijado, cepillado, planeado, torneado y maquinado) para identificar su comportamiento y acabado final frente a dichos procesos.

De esta manera se completa la base de información para la caracterización del material tipificado.

10.1. CORTE

Las pruebas de corte fueron realizadas con sierra de disco y sierra circular.

El corte realizado paralelo a la fibra genera mayor esfuerzo.



Cuando el corte es perpendicular a la fibra, hay menor desgaste de la cuchilla.

En cualquiera de los adhesivos es más duro el corte para la guadua blanca.

El corte más fácil de realizar es con la dirección de la fibra en guadua carbonizada.

La guadua blanca tiene mejor acabado que la carbonizada.

La guadua carbonizada se astilla al corte.



10.2. LIJADO

Las pruebas de lijado se realizaron con una lijadora eléctrica manual.

El acabado al lijado perpendicular a la fibra es mejor en guadua blanca que en carbonizada.

La máquina sufre menos cuando se está lijando de canto.





La guadua más fácil de lijar es la carbonizada. Los tableros pegados con formaldehído dan mejor acabado.

Es más fácil lijar los tableros de PVA.

El mejor acabado es cuando se lija perpendicular a la fibra.

10.3. MECANIZADO

Las pruebas de mecanizado se realizaron con un taladro del árbol.

Todos los tipos de tableros son óptimos para el mecanizado.

Cuando el mecanizado se hace paralelo a la fibra hay mayor esfuerzo.

La guadua carbonizada se deja mecanizar con menor esfuerzo.



Si el mecanizado se realiza perpendicular a la fibra el acabado es menos fino.

La guadua carbonizada responde mejor, en cuanto acabados, al mecanizado.

El mecanizado es más fibroso cuando se realiza por el canto en comparación con las caras.



10.4. TORNEADO

Cuando existen espacios en los pegues de las tablillas, ya sea por tiempo insuficiente en el prensado, mala formulación del adhesivo o por mal cepillado de las tablillas, entre otros, no se puede realizar el torneado de la pieza.



Los bloques contruidos a partir de tableros laminados de canto, se astillan al tratar de tornearlos.



Cuando los bloques se pegan con melamina, el adhesivo se alcanza a ver en el acabado final.

El formaldehído tiende a agrietarse al torneado.

La guadua blanca es más dura al torneado que la carbonizada.

El material se deja tornear bien en los laminados de cara, pero es necesario realizar un correcto encolado y pegue de las tablillas para evitar espacios entre las mismas.

11. MICROSCOPIA DE LOS LAMINADOS

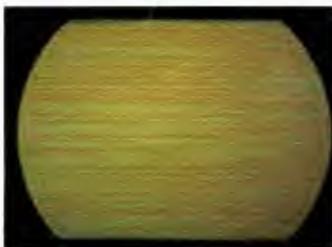
Como complemento de a los ensayos realizados al material y para profundizar en la caracterización de los mismos, se realizaron pruebas a nivel microscópico para establecer diferencias ente cada uno de los laminados con diferentes tipos de acabados en la guadua (blanca y carbonizada).

Dichas pruebas se realizaron tanto en microscopia óptica como microscopia electrónica de barrido y los resultados fueron los siguientes.

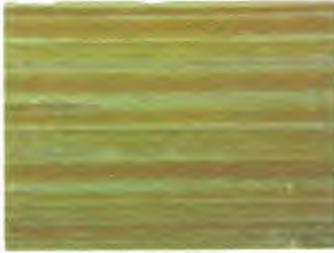
11.1. MICROSCOPIA ÓPTICA.

A. Guadua blanca

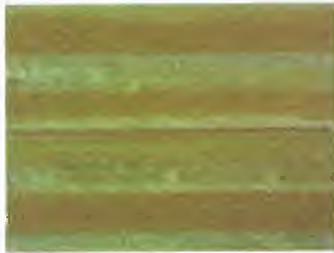
Microscopia de la Fibra



Objetivo 0.5, Estereo
1 y Oculares 10.



Objetivo 0.5, Estereo 3 y Oculares 10.

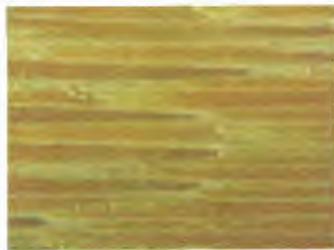


Objetivo 0.5, Estereo 3.6 y Oculares 10.

Microscopia del Nudo



Objetivo 0.5, Estereo 1 y Oculares 10.



Objetivo 0.5, Estereo 3 y Oculares 10.



Objetivo 0.5, Estereo 3.6 y Oculares 10.

Microscopia del Grano



Objetivo 0.5, Estereo 1 y Oculares 10.



Objetivo 0.5, Estereo 3 y Oculares 10.

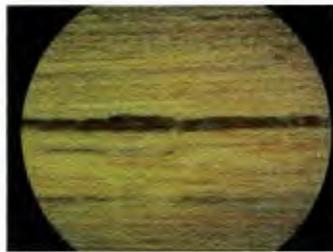


Objetivo 0.5, Estereo 3.6 y Oculares 10.

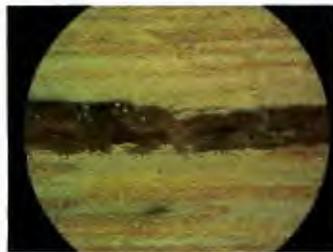
Microscopia del Pegue



Objetivo 0.5, Estereo 1 y Oculares 10.



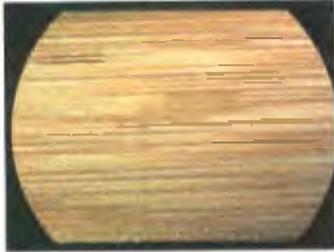
Objetivo 0.5, Estereo 3 y Oculares 10.



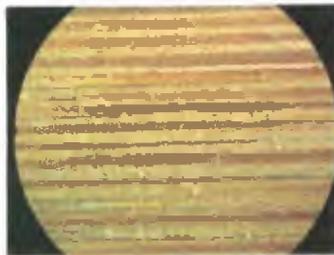
Objetivo 0.5, Estereo 3.6 y Oculares 10.

B. Guadua carbonizada

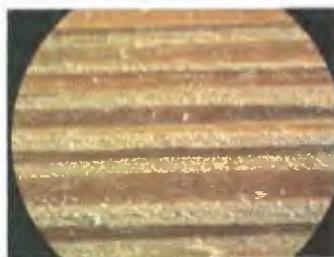
Microscopia de la Fibra



Objetivo 0.5, Estereo 1 y Oculares 10.

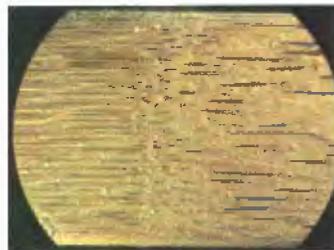


Objetivo 0.5, Estereo 3 y Oculares 10.

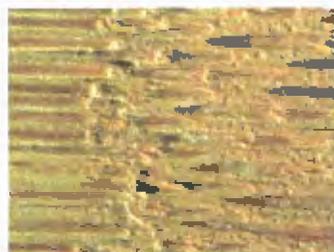


Objetivo 0.5, Estereo 3.6 y Oculares 10.

Microscopia del Nudo



Objetivo 0.5, Estereo 1 y Oculares 10.

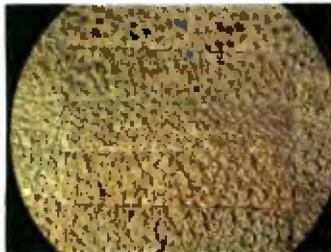


Objetivo 0.5, Estereo 3 y Oculares 10.



Objetivo 0.5, Estereo 3.6 y Oculares 10.

Microscopia del Grano



Objetivo 0.5, Estereo 1 y Oculares 10.

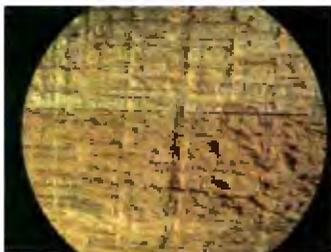


Objetivo 0.5, Estereo 3 y Oculares 10.

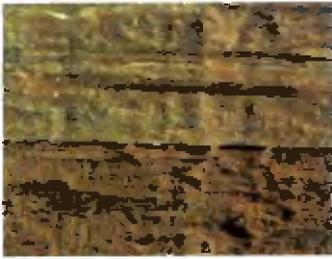


Objetivo 0.5, Estereo 3.6 y Oculares 10.

Microscopia del Pegue



Objetivo 0.5, Estereo 1 y Oculares 10.



Objetivo 0.5, Estereo 3 y Oculares 10.



Objetivo 0.5, Estereo 3.6 y Oculares 10.

- Las fibras en la guadua blanca están mejor definidas que en la carbonizada.
- El grano en la guadua carbonizada es mucho mas poroso que en la guadua blanca.
- El nudo en la guadua carbonizada es presenta astillado.
- El carbonizado afecta la totalidad de las fibras de la guadua, no solo la superficie.

11.2. MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO.

A. Guadua blanca



B. Guadua carbonizada



Barrido de la fibra de canto a 1400x

Barrido de
la fibra de
cara a
600x



Barrido
del grano
a 1200x



Barrido
del nudo a
600x



- Las fibras son mas compactas de canto que de cara tanto para la guadua blanca como para la carbonizada.
- Los poros sobre el grano en la guadua carbonizada son mucho mas grandes que en la guadua blanca.
- Se perciben, claramente, fibras reventadas sobre la vista de canto en la guadua carbonizada.
- La separación entre las fibras es mayor para la guadua carbonizada que para la guadua blanca tanto de canto como de cara.

- El carbonizado reduce el espesor de las fibras de la guadua lo que hace que las fibras de la guadua carbonizada sean de menor diámetro de las de la guadua blanca.
- El nudo conserva las propiedades dimensionales de sus fibras a pesar del carbonizado.
- Las fibras en el nudo esta entrelazadas lo que disminuye la fractura de las mismas.

12. CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL

A partir de los resultados de la compilación y validación de los parámetros de producción se genero una tipificación de tableros laminados en guadua de los cuales resultan ocho (8) tipos diferentes según su forma de laminado, el adhesivo utilizado y su acabado. Este capítulo muestra en detalle dicha tipificación.

LAMINADO 1 DE CANTO – PVAc – BLANCA.

LAMINADO 2 DE CANTO – PVAc – CARBONIZADA.

LAMINADO 3 DE CARA – PVAc – BLANCA.

LAMINADO 4 DE CARA – PVAc – CARBONIZADA

LAMINADO 5 DE CANTO – MELAMINA, ÚREA FORMALDEHÍDO – BLANCA.

LAMINADO 6 DE CANTO – MELAMINA, ÚREA FORMALDEHÍDO – CARBONIZADA.

LAMINADO 7 DE CARA – MELAMINA, ÚREA FORMALDEHÍDO – BLANCA.

LAMINADO 8 DE CARA – MELAMINA, ÚREA FORMALDEHÍDO – CARBONIZADA.

LAMINADO 9 DE CANTO – EPI – BLANCA.

LAMINADO 10 DE CANTO – EPI – CARBONIZADA.

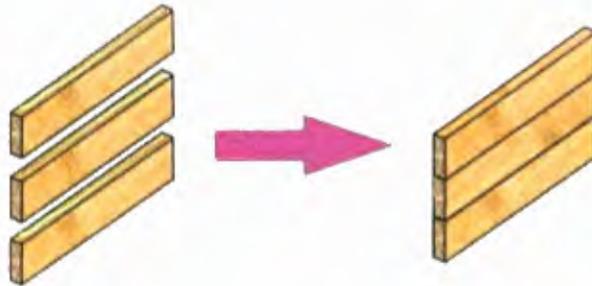
LAMINADO 11 DE CARA – EPI – BLANCA.

LAMINADO 12 DE CARA – EPI – CARBONIZADA.

12.1. TIPIFICACIÓN DE LOS LAMINADOS

12.1.1. LAMINADO DE CANTO

Las tablillas se encolan por el lado más ancho de las mismas; luego se unen y se presan durante 2 horas.



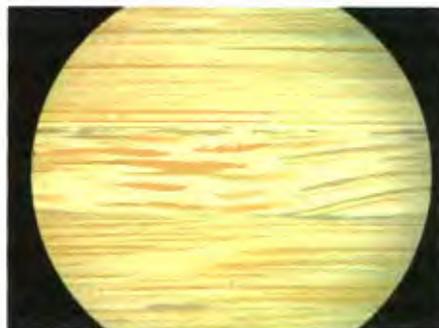
12.1.2. LAMINADO DE CARA

Las tablillas se encolan por los bordes más largos de las mismas; se unen con otras tablillas y se presan durante 2 horas.



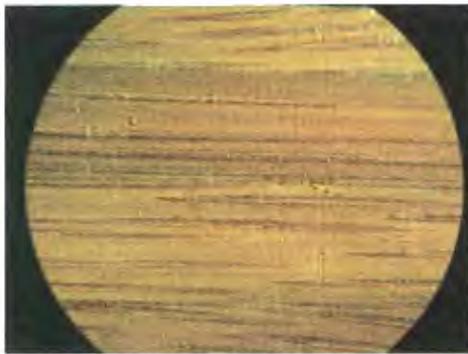
12.1.3. GUADUA BLANCA

La guadua posee un color beige claro característico que lo diferencia de las distintas especies tropicales en cuestión de laminados. A este tipo de guadua laminada se le llama guadua blanca.



El lote de tablilla blanca requiere una selección visual posterior en tonalidades, debido a que no todo el material es del mismo color; además es necesario encontrar las latas que son atacadas por los diferentes hongos (mancha azul, mancha roja y hongo negro) pues en este tipo de guadua se hacen notorios .

12.1.4. GUADUA CARBONIZADA



La carbonización es el efecto contrario al blanqueamiento. En una autoclave se tratan las tablillas de guadua con vapor caliente de 150°C durante 30 minutos. El efecto es un color café y una homogenización del aspecto.

También se ablanda la fibra por el vapor, aunque la dureza después del secado sigue igual. El lote de lata carbonizada requiere una selección visual posterior en tonalidades, debido a que no todo el material recibió el mismo calor y se colora más o menos intenso. La “mancha azul” sigue visible después de este tratamiento, aunque se destaca menos. No hay impacto notable sobre la adhesión de pegantes.

12.1.5. ADHESIVOS

El proyecto contempla tres tipos de adhesivos (PVAc, melamina Úrea formaldehído y EPI, ver anexo CUADRO COMPARATIVO ADHESIVOS), a continuación se presenta la ficha técnica de cada adhesivo con los cuales se hicieron las pruebas mecánicas.

ANEXO FICHA TÉCNICA DE ADHESIVOS

A. ADHESIVO: PVAc Modificado

NOMBRE COMERCIAL: PVAc 3339

Adhesivo para pegues de lamelas, puertas o panelería. Éste adhesivo es el de mas rápido secado y es recomendado para prensas de radiofrecuencia. Cumple con los requerimientos de la norma EN 204, clase D.

DATOS TÉCNICOS:

Tipo: Dispersión de polivinil acetato

Presentación: Liquido

Color: Blanco

Viscosidad: Aprox. 11.000cps, Brookfield LVT, sp. 4, 6 r.p.m., 25°C y en el momento de ser producido. Durante el almacenamiento la viscosidad aumentará con el tiempo. Si es almacenado a temperaturas superiores a los 20°C la viscosidad aumentara rápidamente.

Densidad: Aprox. 1.080 Kg/m³

PH: 2.5-3.5

Solvente: Agua

OTROS DATOS:

Condiciones de almacenamiento: seis meses cuando es almacenado en empaque bien cerrado a 20°C. A 30°C el tiempo de almacenamiento se reduce a tres meses aproximadamente. El PVAc puede ser utilizado mientras no se separe, se espese o sufra degradación bacteriana (mal olor, y baja viscosidad). Cuando hay separación se puede observar agua en la superficie del adhesivo.

Si el empaque es abierto por largos periodos el pegante es susceptible de formar una capa superficial, para evitar esto debe cerrarse muy bien cuando no esté en uso.

No se recomienda que sea almacenado por debajo de los 0°C ni por encima de los 30°C cortos periodos de exposición a dichas temperaturas (durante el transporte) pueden ser aceptadas.

El PVAc no decolora la madera, sin embargo, el hierro de las encoladoras puede junto con el ácido tánico, en algunas especies de maderas como el roble dar una decoloración. Para evitar este riesgo, se recomienda hacer pruebas previas.

Relación de mezcla: 100 partes en peso.

Calidad de unión: cumple con los requisitos de la norma EN 204 Clase D4. esto significa que el material pegado puede ser utilizado en exteriores si la línea de cola está protegido por un adecuado recubrimiento superficial. La resistencia al agua de acuerdo para el D4 es alcanzada después de los 7-14 días.

Preparación de la madera: La madera debe ser preparada con un tiempo no mayor de 24h antes de ser encolada.

Humedad de la madera: El contenido de humedad de la madera debe estar entre 5 -14% o mejor aún entre el 7-10%. Contenidos mayores de humedad pueden ser aceptables pero requieren de mayor tiempo de prensado y se corre el riesgo de delaminación por encogimiento de la línea de cola durante el secado.

Tiempo de ensamble: El tiempo de ensamble es el tiempo entre el encolado y el momento en el cual el material es prensado. Este coincide con el tiempo abierto (OAT open assembly time) y el tiempo cerrado (CAT close assembly time).

El tiempo abierto es el tiempo entre la aplicación y el ensamble del material a ser pegado.

El tiempo cerrado es el tiempo entre el ensamble del material y la iniciación de la presión en la prensa.

El OAT es máximo de 7min con 65% de humedad relativa y un esparcimiento de 15g/m²

El CAT es máximo de 10min a 20°C con 65% de humedad relativa y un esparcimiento de 15g/m²

Los tiempos de ensamble están influenciados por el esparcimiento, el método de aplicación del adhesivo, la temperatura y humedad relativa del aire de trabajo, la especie de madera, el contenido de humedad de la madera etc. Los tiempos de ensamble y prensado son altos cuando los esparcimientos son altos, la temperatura en el aire de trabajo es baja, el contenido de humedad en el aire es alto, y la madera absorbe el agua del adhesivo lentamente.

Temperatura de prensa y tiempos de prensado: Normalmente el adhesivo puede ser usado cuando la temperatura en la línea de unión esta entre 15–80°C. temperaturas superiores (por encima de los 110°C) pueden ser usadas si los tiempos de prensa son continuos y muy cortos. Si se usan temperaturas de prensado superiores a los 50°C se recomiendan tiempos de prensado mas cortos. Esto se debe a que el adhesivo es termoplástico y las temperaturas superiores a los 50°C pueden generar una abertura en la línea de cola cuando la presión es liberada por la termo-plasticidad del adhesivo ya que las propiedades de termo-plasticidad son incrementan con temperaturas mayores.

Presión: 1–10Kg/cm² (0.1 a 1 Mpa) preferiblemente en superficies completamente planas con buen contacto, esto se puede notar cuando se unen especies de maderas duras con altas presiones y cortos tiempos de ensamble pueden causar que el adhesivo sea presionado hacia fuera de la línea de cola. Tiempos de ensamble largos y líneas de cola delgadas pueden dar mejor resultado.

Limpieza: El adhesivo sobre la piel puede ser lavado con agua y jabón el equipo debe ser lavado con agua tibia antes de que el adhesivo se seque.

B. ADHESIVO: ÚREA FORMALDEHÍDO

NOMBRE COMERCIAL: POLIMERO 216 FE L

GENERALIDADES: El polímero 216 FE L es una resina líquida viscosa producida por condensación de urea con formaldehído, de aspecto

blanco opaco. En estado intermedio de polimerización con muy bajo contenido de formol libre. El curado o completa polimerización se logra por acción de un catalizador y/o la acción del calor, logrando así un polímero rígido, cristalino y termoestable.

El polímero 216 FE L se caracteriza por su rápido curado, alta resistencia química y mecánica, gran dureza y alto poder de adhesión.

Almacenamiento: para prevenir que el producto se dañe, este se debe almacenar bajo techo y a temperaturas inferiores a los 25°C la estabilidad de este polímetro a diferentes temperaturas es la siguiente:

- A 35°C: 1 mes
- A 25°C: 2.5 meses
- A 20°C: 3 meses

El tiempo de estabilidad se refiere al periodo de transcurrir hasta cuando el producto ha alcanzado un tope máximo de viscosidad de 1000cps.

Aplicaciones: El polímero 216 FE L es una resina diseñada para ser usada como pegante durante el proceso de fabricación de tableros aglomerados de madera o fibra de caña de azúcar permitiendo obtener tableros clase E3. En general, es un excelente pegante de fibras celulósicas.

También es utilizado para la fabricación de triplex o laminados de madera de diversos espesores, enchapados de tableros aglomerados con chapilla de madera o foils de papel.

En la industria de la madera en general se usa como pegante para fabricar muebles, puertas entamboradas o entableradas, unir formica con un tablero aglomerado etc. En todas las aplicaciones anteriores debe ser necesario el uso de un catalizador ácido (sal de amonio, ácido clorhídrico, o ácido fosfórico) y presión para lograr el pegue de las piezas).

Si se quiere acelerar el proceso de secado se debe aplicar calor al sistema.

RECOMENDACIONES GENERALES PARA PRODUCIR TABLEROS:

Dosificación: Capa externa: 9-12% y capa interna: de 7-10%

Endurecedor: Se puede utilizar cloruro, sulfato o nitrato de amonio.

Formulación: La composición de la formula del pegante depende de mucho factores de proceso. Para alcanzar clase E2 es necesario usar secuestrantes de formaldehído. Las recomendaciones serán por el proveedor.

Dosificación del Endurecedor: Las recomendaciones serán por el proveedor.

Aplicación: Preferiblemente con maquina encoladora.

Agente hidrofóbico: el valor de hinchamiento se puede regular adicionando emulsión de parafina. Para la dosificación normal es de 0.5-1% de componente activo/fibra seca (sólido de parafina/fibra seca).

Humedad de viruta: para obtener tableros clase E1 se necesita una viruta mas seca que para obtener tableros clase E2. por lo tanto es favorable tener valores menores al 2% de contenido de humedad después del secado para el tablero clase y menores de 4% para tableros clase E2.

Condiciones de Prensado: la temperatura de prensado debe ser menor a 170°C para obtener buenas propiedades de los tableros. El tiempo de prensa depende de factores como; el equipo de proceso, tipo de resina, la formulación del pegante, la mezcla de la fibras. Por lo tanto no se pueden dar recomendaciones en general.

RECOMENDACIONES DE SALUD Y SEGURIDAD

Rotulación: el polímero 216 FE L no está clasificado como peligros para al salud.

Manejo y limpieza: se debe evitar el contacto con la piel, retirar la resina mediante lavado con agua tibia (30–50°C) y jabón nunca utilizar agua fría.

C. ADHESIVO: MELAMINA FORMALDEHÍDO

NOMBRE COMERCIAL: COL 80

GENERALIDADES: El COL80 es una resina líquida de melamina formaldehído metilada, de grado de concentración bajo en solución acuosa.

Los grupos metilados que posee el polímero COL80 la hacen completamente soluble en agua a temperatura ambiente y compatible con otras resinas, entre ellas la urea formaldehído, lo cual permite una combinación rápida e íntima con las fibras celulósicas utilizadas en la producción de textiles, al igual que productos elaborados en madera.

Almacenamiento: El COL80 es una resina de gran estabilidad durante el almacenamiento se recomienda almacenar el producto bajo techo, a temperaturas inferiores a los 25°C y con buena ventilación.

Aplicaciones: el polímero COL 80 o resina melaminica tiene dentro del campo maderero varias aplicaciones, pero siempre con un mismo objetivo, dar resistencia a la humedad.

- A. Tableros aglomerados resistentes a la humedad.
- B. Enchapados de tableros melaminicos.
- C. Vigas laminadas: cuando el polímero se emplea puro sin ningún tipo de mezcla, puede ser utilizado para vigas instaladas a la intemperie, pero cuando se mezcla con resinas ureicas, su utilización debe ser únicamente para interiores.
- D. Pisos: los cuales por su alto tráfico y constante exposición al agua requieren de un adhesivo que le ofrezca buena resistencia y calidad en las líneas de cola.

- E. Puertas y ventanas: al igual que vigas y pisos, estos productos, sobretodos los colocados al exterior, deben tener adhesivos que permitan colocarlos a la intemperie, con la propiedad adicional de ofrecer líneas de cola transparentes.
- F. Sellado de canto de los tableros resistentes a la humedad: dichos tableros deben tener los cantos sellados para evitar que el agua penetre y lo dilate.

D. ADHESIVO: EMULSIÓN DE ISOCIANATO

NOMBRE COMERCIAL: EPI

EPI 1984 con HARDENER 1993

El sistema de adhesivo con EPI 1984 con Hardener 1993 se utiliza para pegar madera con madera; madera al aluminio, también es posible utilizarlo para unir madera a diferentes materiales plomerito pero siempre se recomienda una prueba preliminar de adhesión. El adhesivo tiene un alto grado de resistencia al calor y a los solventes, también ofrece una buena resistencia al deslizamiento bajo a cargas sostenidas.

El sistema 1984/1993 se puede utilizar para prensar tanto en frío como en caliente y para prensado con radio frecuencia.

La combinación 1984/1993 ha sido aprobada por el Institut Fenstertechnik en Rosenheim (IFT), Alemania, según la norma en 204, clase D4, por la SHR Holanda de acuerdo al BRL 2339 “adhesivos para aplicaciones no estructurales” aprobado para laminación y uniones de spruce y merati y WATT91 con el certificado KOMO GVT:32557 y GVT: 32701 y por la NTI, Noruega de acuerdo al JIS K6806, Clase 1, grado 1 y adhesivo para condiciones de exposición 2 en JAS, estándar para vigas de madera laminada estructural, MAFF modificado N° 992

PROPIEDADES

Tipo de adhesivo: 1984 Dispersión base agua
1993 Isocianato tipo MDI

Presentación:	1984 Líquido 1993 Líquido
Color:	1984 blanco 1993 café claro
Viscosidad:	1984 aprox 15000 mPas Brookfield LVI, sp, 4,6 RPM, 25°C 1993 aprox 300 mPas Brookfield LVI, sp, 2,30 RPM, 25°C
Densidad:	1984 aprox 1200Kg/m ³ 1993 aprox 1200Kg/m ³
Ph:	1984 aprox 7 1993 aprox 7

OTROS DATOS

- **Propiedades de la línea de pegue:** El sistema EPI 1984 con Hardener 1993 cumple los requisitos exigidos por la EN 204, clase D4, JAS MAFF N° 992 (remojo en agua fría y remojo en agua hirviendo) JIS K6806 (esfuerzo constante en compresión y tiempo de retención de la unión bajo esfuerzo) BRL 2339 (resistencia a la delaminación en spruce y mercantil y WATT 91
- **Tiempo y condiciones de almacenamiento:** 1984 12 meses a 20°C en empaque bien cerrado; 1993 12 meses a 20°C en empaque bien cerrado; 1993.

A 30°C el tiempo de almacenamiento es aproximadamente la mitad de reportado para almacenamiento a 20°C.

El producto puede usarse sin problemas mientras no se observe separación de fases, espesamiento o muestre símbolos de degradación bacterial (mal olor y baja viscosidad). La separación

puede observarse como un película de agua en la partes superior del adhesivo.

Si los recipientes de almacenamiento se dejan abiertos por largos periodos de tiempo se corre el riesgo de formación de películas en la superficie, para evitar esto los recipientes deben estar cerrados cuando no se este consumiendo el producto.

La temperatura de almacenamiento mas recomendable esta entre 15–20°C para ambas referencias el adhesivo EPI 1984 no debe exponer a temperaturas por debajo de 0°C o por encima de 30°C. Cortos periodos de exposición a estas temperaturas son tolerables. Si los productos sufren congelamiento **no deben ser descongelados** para ser usados ya que habrían ocurrido cambios irreversibles en sus propiedades.

DIRECCIONES DE USO

- **Aplicación:** Utilice paleta dentada, cepillo o esparcidor de rodillo.
- **Proporciones de mezcla:** 1984 100 partes por peso.
1993 10–15 partes por peso
- **Equilibrio de mezclado:** Mezclador Casco Products o a mano.
- **Tiempo de mezclado:** manualmente se debe mezclar cerca de 2 minutos o hasta obtener una mezcla homogénea.
- **Temperatura de mezcla:** El rango optimo de temperatura para el uso del adhesivo mezclado para garantizar el tiempo de vida y los tiempos de armado es de 15–22°C
- **Temperatura de la madera:** la temperatura de la madera no deberá estar por debajo de 20°C al momento de ser impregnada con el adhesivo mezclado.
- **Humedad de la madera:** 8–15 %

- **Preparación de la madera:** para mejores resultados la madera deberá ser cepillada, para lograr una unión óptima las operaciones de pegue deberá realizarse dentro de las 24 horas posteriores a las operaciones de cepillado.
- **Cantidad de pegante:** una aplicación de 150 -300 g/m², preferiblemente con aplicación de ambas caras.
- **Tiempo de ensamble:** el tiempo de ensambles es el transcurrido entre la impregnación del adhesivo y el momento en que los materiales a unir son sometidos a presión en las prensas. Esta compuesto por el tiempo abierto de ensamble (OAT open assembly time) y el tiempo cerrado de ensamble (CAT close assembly time). El OAT es el tiempo transcurrido entre la aplicación del adhesivo y el ensamble de las piezas a unir. El CAT es el tiempo transcurrido entre el ensamble de las piezas y la aplicación de presión en la prensa. La presión deberá se aplicada mientras el adhesivo permanezca como tack.
El tiempo de ensamble está influenciado por el nivel de esparcimiento, el método de aplicación del adhesivo, la temperatura, la humedad relativa en el lugar de trabajo, las especies de madera, el contenido de humedad, la temperatura de la madera, etc. El tiempo de ensamble puede incrementarse con aumentos del nivel de esparcimiento, disminución de la temperatura en el lugar de trabajo, aumento del contenido de humedad del aire y cuando la madera tiene baja capacidad de absorber el agua presente en el adhesivo. El tiempo de prensa también deberá ser incrementado
- **Tiempo abierto:** el máximo tiempo de ensamble abierto es de cinco minutos a 20°C, con un esparcimiento de 180 g/m²
- **Tiempo cerrado:** el máximo tiempo de ensamble cerrado es de 10 minutos a 20°C, con un esparcimiento de 180 g/m²

- **Temperatura de prensado:** cuando se usen prensas calientes o de radio frecuencia, la temperatura sobre la línea de cola no deberá superar los 70°C.
- **Tiempo de prensa:** mínimo ½ hora a 20°C, dependiendo de la cantidad de pegante. Los elementos pegados se pueden maquinar de 2-6 horas pero se obtienen mejores resultados si las muestras se dejan reposar 24 horas antes de maquinarlas. Mayores temperaturas pueden reducir los tiempos de prensa. Los tiempos de prensa pueden ser influenciados de la misma manera que fue descrito el tiempo de ensamble. Uniones con especies de maderas especiales a temperaturas diferentes o elementos con grandes tensiones requieren de la determinación del tiempo de prensa en cada caso. La mayor resistencia a la humedad se alcanza luego de 14 días.
- **Presión:** 0.1– 1.0 Mpa superficies cepilladas cuidadosamente que tengan buen contacto permiten obtener los mejores resultados. Hay que anotar que altas presiones y cortos tiempos de ensamble cuando se trabajan especies duras, generan pérdidas de adhesivo a través de la línea de unión. Largos tiempos de ensamble y bajos niveles de presión permiten alcanzar mejores resultados en las uniones. Las superficies cuidadosamente cepilladas que permitan un buen contacto permiten obtener mejores resultados.

LIMPIEZA

Limpie las herramientas de aplicación con agua antes de que el adhesivo cure.

Dispersión y/o Hardener en la piel deben ser lavados inmediatamente con jabón y agua tibia.

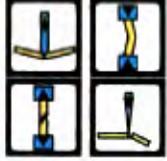
SEGURIDAD Y SALUD

El Hardener y las mezclas de dispersión y catalizador contienen isocianato. Se debe conservar una buena higiene. Usar guantes y anteojos de protección.

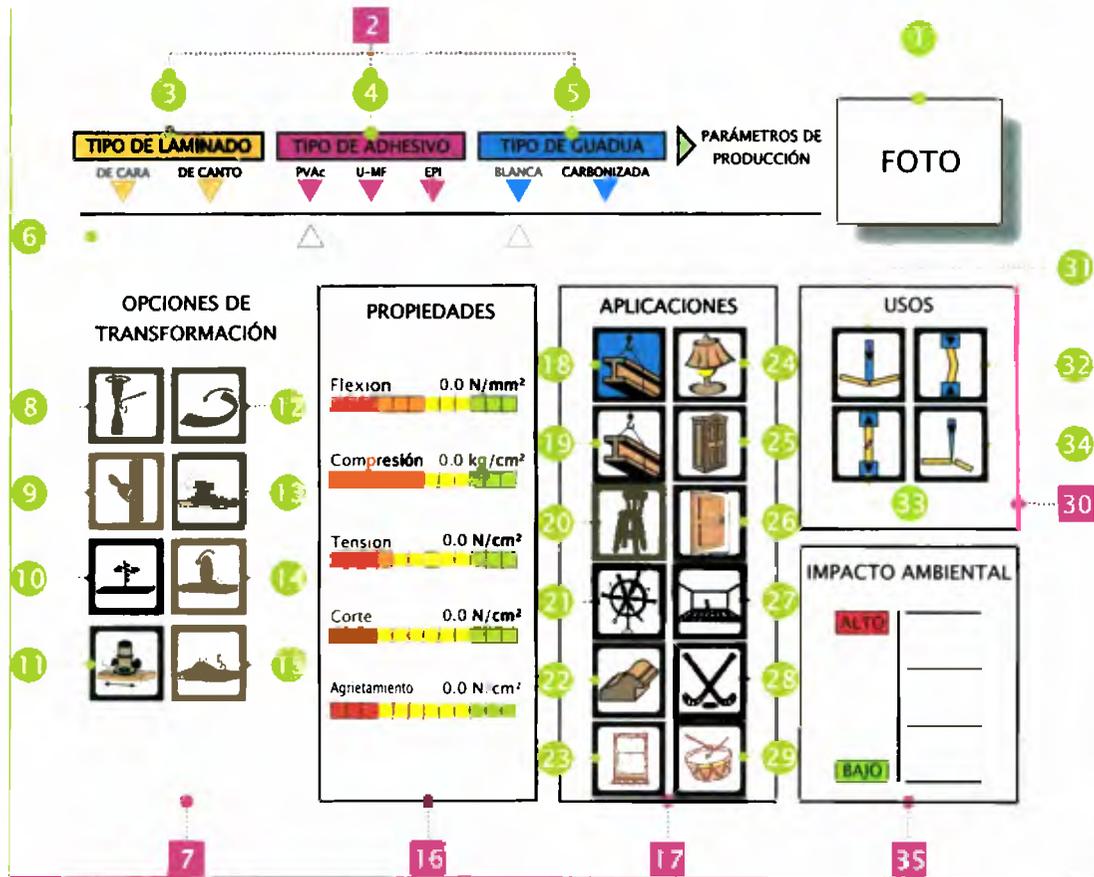
13. FICHA DE CARACTERIZACIÓN

La ficha de caracterización del material es una herramienta de información de los diferentes tipos de laminados mencionados anteriormente, que permite consultar sus parámetros de producción, opciones de transformación, propiedades físico-mecánicas, aplicaciones, usos e impacto ambiental para cada tipo de laminado.

La finalidad de las fichas es poder comparar la información encontrada para cada laminado.

TIPO DE LAMINADO		TIPO DE ADHESIVO			TIPO DE GUADUA		PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN	FOTO		
DE CARA	DE CANTO	PVAc	U-M F	EPI	BLANCA	CARBONIZADA				
△	△	△	△	△	△	△				
OPCIONES DE TRANSFORMACIÓN 		PROPIEDADES Flexión 0.0 N/mm ²  Compresión 0.0 kg/cm ²  Tensión 0.0 N/cm ²  Corte 0.0 N/cm ²  Agrietamiento 0.0 N/cm ² 			APLICACIONES 		USOS 		IMPACTO AMBIENTAL ALTO _____ _____ _____ _____ BAJO _____	

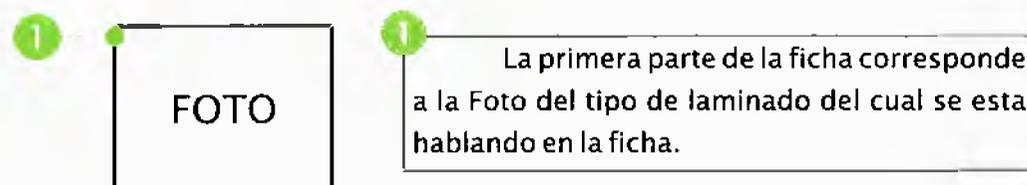
13.1. CONTENIDO DE LA FICHA



1. Foto del laminado
2. **PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN**
3. Laminado de acuerdo a la posición tablillas
4. Diferentes adhesivos utilizados
5. Diferentes acabados
6. Puntos que definen los parámetros
7. **OPCIONES DE TRANSFORMACIÓN**
8. Torneado
9. Acabado
10. Mecanizado
11. Moldurado
12. Curvado
13. Lijado

14. Corte
15. Cepillado
16. PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS
17. APLICACIONES POSIBLES
18. Construcción de exteriores
19. Construcción de interiores
20. Mobiliario pequeño
21. Construcción naval
22. Molduras
23. Ventanas
24. Decoración y accesorios
25. Mobiliario grande
26. Puertas
27. Pisos
28. Artículos deportivos
29. Instrumentos musicales
30. USOS POSIBLES
31. A flexión
32. A compresión
33. A tracción
34. A corte
35. TABLA DE IMPACTO AMBIENTAL

13.2. COMO LEER LA FICHA





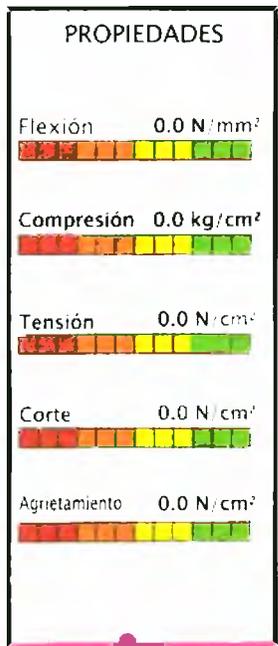
2

Esta parte de la ficha corresponde a los parámetros de producción del tablero del cual se está hablando, cada uno de los tableros esta determinado por tres tipos de parámetros (numerales 3,4,5) al comparar los triángulos de la parte inferior con los de la parte superior tenemos la caracterización de dichos parámetros de producción para el tablero correspondiente.



7

Esta parte de la ficha corresponde a los parámetros de transformación del tablero del cual se está hablando, de cada uno de los tableros se puede obtener información sobre ocho tipos de parámetros (numerales 8,9,10,11,12,13,14,15) si el parámetro aparece en color es porque el laminado es apto para este tipo de transformación si por el contrario el parámetro se encuentra en blanco/negro significa que el laminado no es adecuado para esta transformación.



16

Esta parte de la ficha corresponde a las propiedades fisicomecanicas del laminado del cual se está hablando, de cada uno de los tableros se puede obtener información sobre cinco propiedades que posee según como lo muestran los items; De esta manera podemos obtener el valor real de cada propiedad y una muestra comparativa por color según el laminado, así, si un laminado es más o menos resistente que otro solo basta mirar la franja de color de ambos y comparar.

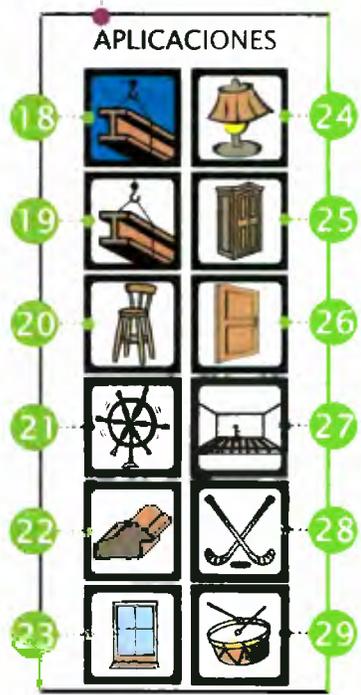
A mayor resistencia más se acerca al color verde y a menor resistencia tiende al color rojo.

16

17

Esta parte de la ficha corresponde a las diferentes aplicaciones que puede tener el laminado del cual se está hablando, cada uno de los tableros puede poseer doce tipos de aplicaciones diferentes correspondientes a los numerales (18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29) si el icono de la aplicación aparece en color es por que el laminado es apto para este tipo de aplicaciones si por el contrario el parámetro se encuentra en blanco/negro significa que el laminado no es adecuado para esta aplicación.

17





CONSTRUCCIONES EN EXTERIORES

Material utilizado en construcciones arquitectónicas expuesto a la intemperie.



CONSTRUCCIONES NAVALES

Material utilizado en construcciones relativas a las naves y a la navegación.



CONSTRUCCIONES EN INTERIORES

Material utilizado en construcciones arquitectónicas no sometido a la intemperie.



MOLDURAS

Material usado para generar la parte saliente de perfil uniforme, que sirve para adornar o reforzar obras de arquitectura, carpintería y otras artes.



MOBILIARIO PEQUEÑO

Material usado para generar elementos móviles que sirven para los usos necesarios en casas, oficinas y todo género de locales.



VENTANERÍA

Material usado para generar aberturas más o menos elevadas sobre el suelo, que se dejan en una pared para dar luz y ventilación.

24



ACCESORIOS

Material usado para generar artículos para decoración y utensilios para el hogar.

27



PISOS

Material usado para generar pavimentos artificiales de las habitaciones, calles, caminos, etc.

25



MOBILIARIO GRANDE

Material usado para generar un conjunto de instalaciones para el servicio del hogar, vecindario, de dimensiones mayores a las del mobiliario pequeño.

28



ARTÍCULOS DEPORTIVOS

Material usado para generar artículos o aditamentos para artículos usados en diferentes deportes, como el arco de tiro, palo de golf, entre otros.

26



PUERTAS

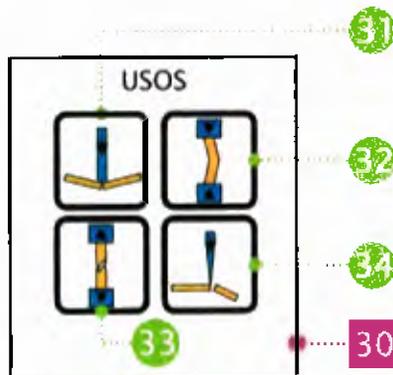
Material usado para generar armazones que, engoznados o puestos en la bisagra y asegurados por el otro lado con llave, cerrojo u otro instrumento, sirven para impedir la entrada y salida, para cerrar o abrir un armario o un mueble.

29



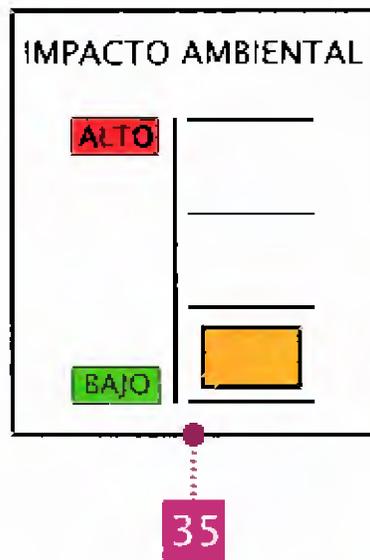
INSTRUMENTOS MUSICALES

Material usado para generar instrumentos o aditamentos para instrumentos musicales.



30 Esta parte de la ficha corresponde a los diferentes usos que puede tener el laminado del cual se está hablando, cada uno de los tableros puede ser apto a trabajar en cuatro usos diferentes correspondientes a los numerales 31(flexión), 32(compresión), 33 (tensión), 34 (corte), si el icono del uso aparece en color es por que el laminado es apto para trabajar de esta manera si por el contrario el parámetro se encuentra en blanco/negro significa que el laminado no trabaja en este uso.

35 Esta parte de la ficha corresponde a la caracterización en cuanto al impacto ambiental negativo que puede tener el laminado del cual se está hablando, cada uno de los tableros puede tener tres tipos de clasificaciones cualitativas con respecto al impacto (Alto, Medio, Bajo), así, si un laminado tiene mas o menos impacto negativo que otro solo basta mirar las franjas de color amarillo de ambos y comparar.

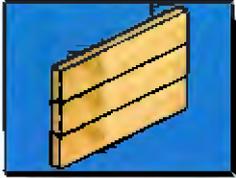


TIPO DE LAMINADO

TIPO DE ADHESIVO

TIPO DE CUADRIA

PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN



DE CARA DE CANTO

▼ ▼

△ △

PVAc U-MF EPI

▼ ▼ ▼

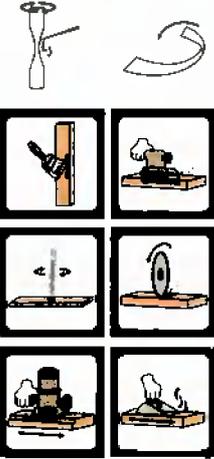
△ △ △

BLANCA CARBONIZADA

▼ ▼

△ △

OPCIONES DE TRANSFORMACIÓN



PROPIEDADES

Flexión 80,32 N/mm²


Compresión 64,28 kg/cm²


Tensión 171,5 N/cm²

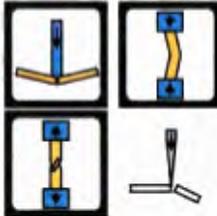

Corte No Aplica


Agrietamiento 37,17 N/cm²


APLICACIONES



USOS



IMPACTO AMBIENTAL

ALTO

BAJO



TIPO DE LAMINADO

DE CARA

DE CANTO



TIPO DE ADHESIVO

PVAc

U MF

EPI



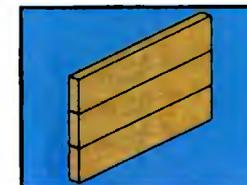
TIPO DE GUADUA

BLANCA

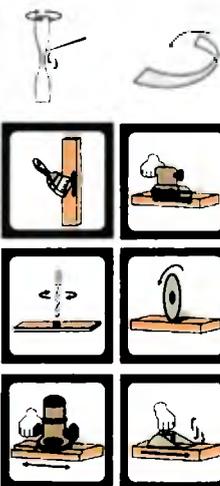
CARBONIZADA



▶ PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN



OPCIONES DE TRANSFORMACIÓN



PROPIEDADES

Flexión 71,14 N/mm²



Compresion 52,1 kg/cm²



Tensión 187,8 N/cm²



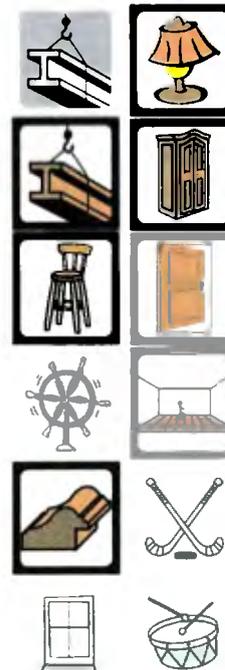
Corte No Aplica



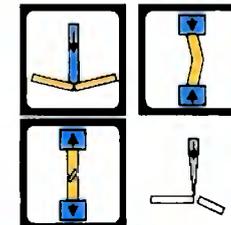
Agrietamiento 42,24 N/cm²



APLICACIONES



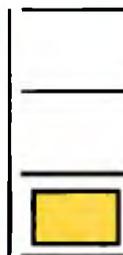
USOS



IMPACTO AMBIENTAL

ALTO

BAJO



TIPO DE LAMINADO

DE CARA

DE CANTO



TIPO DE ADHESIVO

PVAc

U-MF

EPI



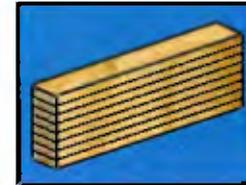
TIPO DE CUADRA

BLANCA

CARBONIZADA



▶ **PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN**



OPCIONES DE TRANSFORMACIÓN

PROPIEDADES

Flexión 66,49 N/mm²

Compresión 295 dN/cm²

Tensión 9981,5 N/cm²

Corte 94,4 Kgf/cm²

Agrietamiento 74,34 N/cm²

APLICACIONES

USOS

IMPACTO AMBIENTAL

ALTO

BAJO

TIPO DE LAMINADO

DE CARA DE CANTO



TIPO DE ADHESIVO

PVAc U-MF EPI

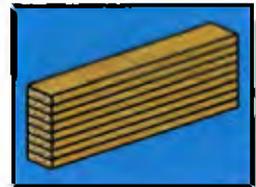


TIPO DE GUADUA

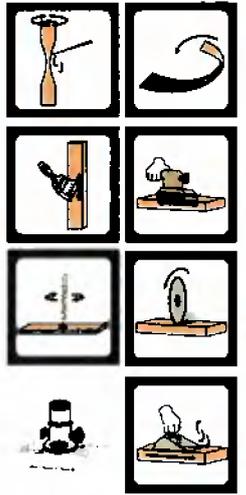
BLANCA CARBONIZADA



PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN



OPCIONES DE TRANSFORMACIÓN



PROPIEDADES

Flexión 56,46 N/mm²



Compresión 258,7 dN/cm²



Tensión 7561,7 N/cm²



Corte 50,0 Kgf/cm²



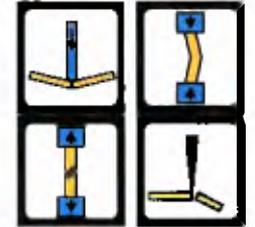
Agrietamiento 38,86 N/cm²



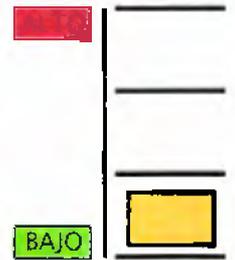
APLICACIONES



USOS



IMPACTO AMBIENTAL



TIPO DE LAMINADO

DE CARA

DE CANTO



TIPO DE ADHESIVO

PVAc

U-MF

EPI



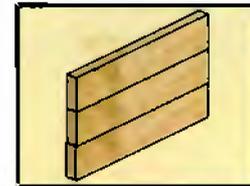
TIPO DE CUADRA

BLANCA

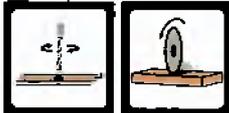
CARBONIZADA



PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN



OPCIONES DE TRANSFORMACIÓN



PROPIEDADES

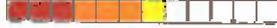
Flexión 150,15 N/mm²



Compresión 97,84 kg/cm²



Tensión 110,2 N/cm²



Corte No Aplica



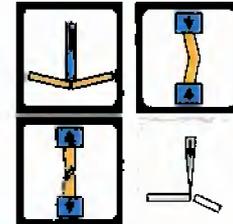
Agrietamiento 27,0 N/cm²



APLICACIONES



USOS



IMPACTO AMBIENTAL

ALTO



BAJO

TIPO DE LAMINADO

DE CARA DE CANTO



TIPO DE ADHESIVO

PVAc U-MF EPI

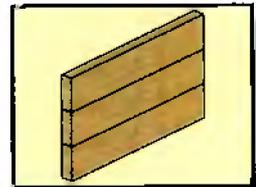


TIPO DE GUADUA

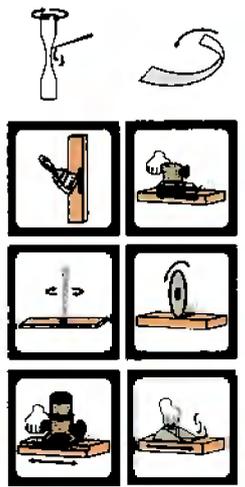
BLANCA CARBONIZADA



▶ PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN



OPCIONES DE TRANSFORMACIÓN



PROPIEDADES

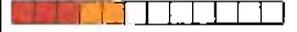
Flexión 84,90 N/mm²



Compresión 67,26 kg/cm²



Tensión 47,36 N/cm²



Corte No Aplica



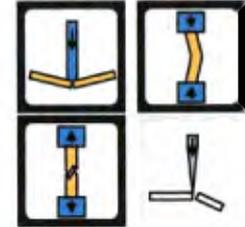
Agrietamiento 33,8 N/cm²



APLICACIONES



USOS



IMPACTO AMBIENTAL

ALTO



BAJO



TIPO DE LAMINADO

DE CARA DE CANTO



TIPO DE ADHESIVO

PVAc U-MF EPI

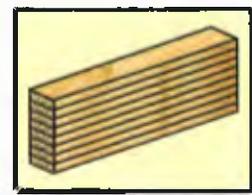


TIPO DE GUADUA

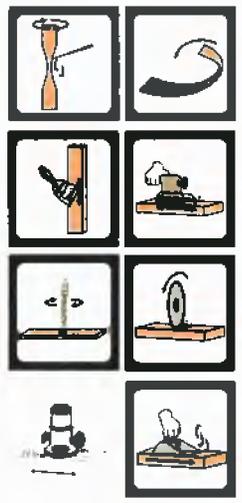
BLANCA CARBONIZADA



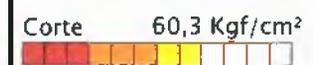
PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN



OPCIONES DE TRANSFORMACIÓN



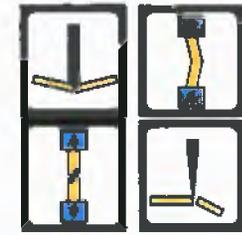
PROPIEDADES



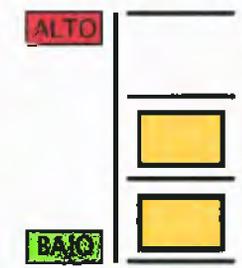
APLICACIONES



USOS



IMPACTO AMBIENTAL



TIPO DE LAMINADO

DE CARA DE CANTO



TIPO DE ADHESIVO

PVAc U-MF EPI

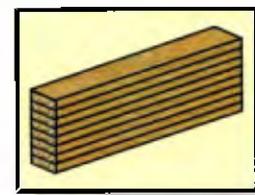


TIPO DE GUADUA

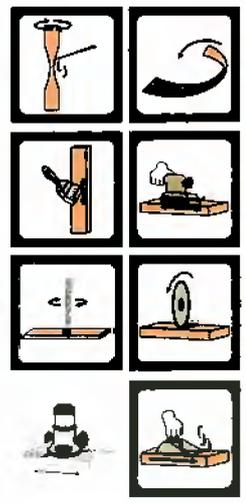
BLANCA CARBONIZADA



PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN



OPCIONES DE TRANSFORMACIÓN



PROPIEDADES

Flexión 42,69 N/mm²



Compresión 313,6 dN/cm²



Tensión 7561,7 N/cm²



Corte 75,8 Kg/cm²



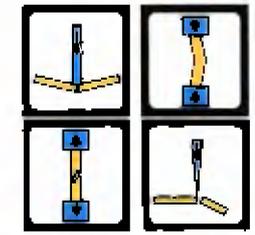
Agrietamiento 33,8 N/cm²



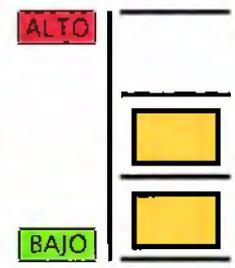
APLICACIONES



USOS



IMPACTO AMBIENTAL



TIPO DE LAMINADO

DE CARA

DE CANTO



TIPO DE ADHESIVO

PVAc

U-MF

EPI



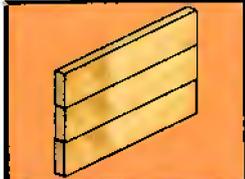
TIPO DE CUADRA

BLANCA

CARBONIZADA



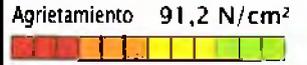
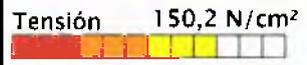
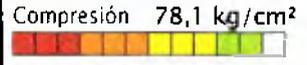
PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN



OPCIONES DE TRANSFORMACIÓN



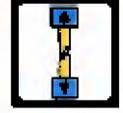
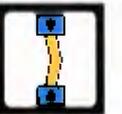
PROPIEDADES



APLICACIONES



USOS



IMPACTO AMBIENTAL

ALTO



BAJO



TIPO DE LAMINADO

DE CARA

DE CANTO



TIPO DE ADHESIVO

PVAc

U-MF

EPI



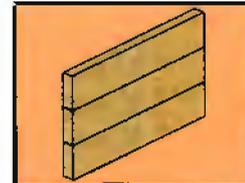
TIPO DE GUADUA

BLANCA

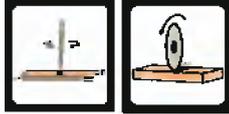
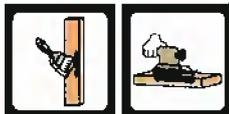
CARBONIZADA



▶ **PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN**



OPCIONES DE TRANSFORMACIÓN



PROPIEDADES

Flexión 70.44 N/mm²



Compresión 60.76 kg/cm²



Tensión 161.7 N/cm²



Corte No Aplica



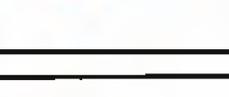
Agrietamiento 60.82 N/cm²



APLICACIONES



USOS



IMPACTO AMBIENTAL

ALTO



BAJO



TIPO DE LAMINADO

DE CARA DE CANTO



TIPO DE ADHESIVO

PVAC U-MF EPI

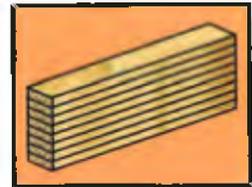


TIPO DE GUADUA

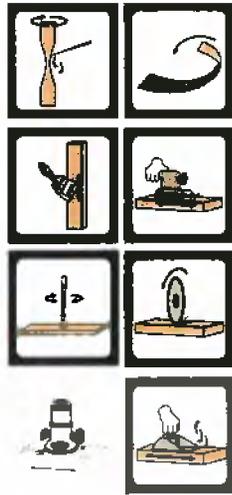
BLANCA CARBONIZADA



PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN



OPCIONES DE TRANSFORMACIÓN



PROPIEDADES

Flexión 71,1 N/mm²



Compresión 316,2 dN/cm²



Tensión 9981,5 N/cm²



Corte 1064,4 Kg/cm²



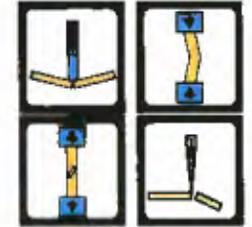
Agrietamiento 45,6 N/cm²



APLICACIONES



USOS

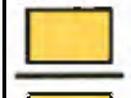


IMPACTO AMBIENTAL

ALTO



BAJO



TIPO DE LAMINADO

DE CARA

DE CANTO



TIPO DE ADHESIVO

PVAc

U-MF

EPI



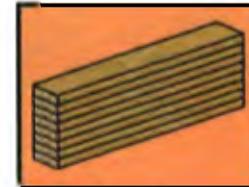
TIPO DE GUADUA

BLANCA

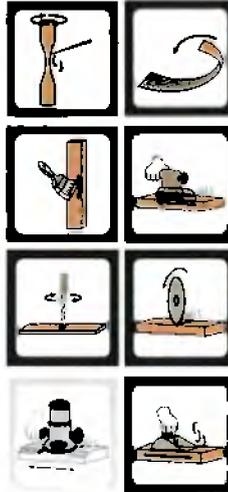
CARBONIZADA



PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN



OPCIONES DE TRANSFORMACIÓN



PROPIEDADES

Flexión 54.36 N/mm²



Compresión 297.52 dN/cm²



Tensión 7561,1 N/cm²



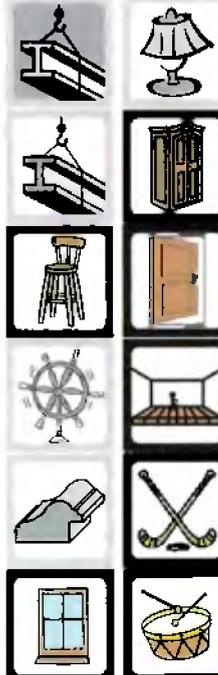
Corte 64.4 Kgf/cm²



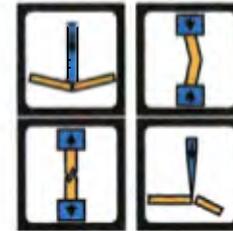
Agrietamiento 37.84 N/cm²



APLICACIONES



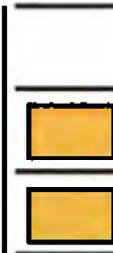
USOS



IMPACTO AMBIENTAL

ALTO

BAJO



CONCLUSIONES GENERALES

- El compendio de alternativas de producción y transformación de la guadua laminada es un soporte a los procesos de diseño de productos en guadua laminada enfocado al desarrollo de la cadena productiva de la Guadua en el país.
- La caracterización de las posibles alternativas de laminado de guadua en su presentación de tablero generó doce (12) tipos diferentes de laminados determinados por el tipo de adhesivo utilizado, el tipo de acabado y el modo de laminado.
- El uso de urea – melamina formaldehído, como adhesivo para los laminados de guadua, es muy reducido y de difícil aplicación por las condiciones climáticas de la región (temperatura y humedad).
- Este tipo de caracterización genera los indicadores necesarios para el correcto aprovechamiento de las propiedades físico-mecánicas del material guadua laminada.
- Para este proyecto se contemplan todas las diferentes pruebas mecánicas que se pueden aplicar al material guadua laminada, pero por razones económicas y de factibilidad solo se aplicaron las pruebas de Flexión, compresión, tensión, corte y dureza, siendo estas las más relevantes para dar la caracterización del material.
- Es de suma importancia la normalización de las pruebas aplicadas al material para que proyectos como este tengan valides en uso del material estudiado.
- A partir de la ficha de caracterización del material guadua laminada se proponen los posibles usos (A flexión, a compresión, a tracción, al corte) y aplicaciones (Construcción de exteriores, construcción de interiores, mobiliario pequeño, construcción naval, molduras, ventanas, decoración y accesorios, mobiliario grande, puertas,

pisos, artículos deportivos, instrumentos musicales), para los diferentes tipos de laminados, siendo estas las mas relevantes.

- La exploración, conocimiento y caracterización de nuevos materiales para ser aplicados a la producción de objetos industrialmente es muy importante para el DISEÑO INDUSTRIAL ya que abre nuevas posibilidades en el campo de materiales como materia prima industrial.
- El uso y aplicación de la guadua laminada como material industrial contribuye a la reducción del impacto ambiental sobre la selva húmeda tropical y a conservar nuestra bio-diversidad ya que la guadua como recurso natural es desaprovechado y su laminado permite desarrollar productos industrializados que sustituyen la madera y pueden competir con este material en el mercado nacional e internacional.
- La resistencia del material guadua laminada es mayor en los laminados blancos que en los carbonizados, por lo tanto si se va diseñar productos que requieran altos esfuerzos es mejor concebirlos en guadua sin carbonizar.
- En el material guadua laminada los nudos son un factor determinante en el momento de deformar el material ya que estos son la principal causa de falla.
- Ninguno de los laminados de canto es apto para el torneado ni el curvado.
- Ninguno de los laminados de cara es apto para el moldurado.
- Los laminados de cara poseen mejores características en cuanto a opciones de transformación que los laminados de canto.
- Todos los laminados de “Canto, PVAc” poseen las mismas características de aplicabilidad.

- Todos los laminados de “Cara, PVAc” poseen las mismas características de aplicabilidad.
- Todos los laminados de “Canto, U-MF” poseen las mismas características de aplicabilidad.
- Todos los laminados de “Cara, U-MF” poseen las mismas características de aplicabilidad.
- Los laminados de “Cara, U-MF” son los que poseen mejores características en cuanto a aplicabilidad, seguidos por: “Canto, U-MF”, “Cara, PVAc” y “Canto, PVAc,” consecutivamente.
- Todos los laminados de cara son trabajables a cualquier tipo de uso (a tracción, a flexión, a compresión y al corte).
- Ninguno de los laminados de canto no son trabajables al corte.
- Todos los laminados con PVAc posee impacto ambiental bajo.
- Todos los laminados con U-MF posee impacto ambiental medio.
- Ambientalmente hablando los laminados con PVAc son más aceptables que los hechos con U-MF.

GLOSARIO

GUADUA: Es un bambú espinoso de América perteneciente a la familia poaceae, a la sub-familia bambusoideae y a la tribu bambuseae. En 1820 el botánico Kunt, constituye este género utilizando el vocablo "guadua" con el que los indígenas de Colombia y Ecuador se referían a este bambú. Este género, que reúne aproximadamente 30 especies, se puede distinguir de los demás principalmente por los tallos robustos y espinosos, por las bandas de pelos bancos en la región del nudo y por las hojas caulinares de forma triangular.

ANGUSTIFOLIA KUNT: Es el bambú endémico de América y se considera como nativo de Colombia, Venezuela y Ecuador. También ha sido introducida a México y varios países centroamericanos. Es un bambú gigante, espinoso, con culmos erectos y huecos que alcanzan alturas hasta de 25 metros y diámetros entre 10 y 25cms. Sus entrenudos tienen paredes hasta de 2cms de espesor.

LAMINADO: Los laminados de bambú se crean dividiendo la longitud del culmo o tallo en tiras longitudinales, se cepillan por los dos lados planos se prensan, previa aplicación del pegante para generar laminas del material.

BASA: Parte de la guadua que tiene mayor uso debido a su diámetro interno.

CEPA: Parte del tronco de la guadua, que está dentro de tierra y unida al rizoma (las raíces).

CAÑA: Tallo de las plantas gramíneas, por lo común hueco y nudoso.

CULMO: Sección del tronco de la guadua cortado a una determinada medida.

CEPA: Parte del tronco de la guadua, que está dentro de tierra y unida a las raíces.

LATA: Trozo de guadua laminada pre-dimensionado

TABLILLA: lata de guadua laminada con las dimensiones finales. Ya está cepillada por sus cuatro caras.

PRODUCCIÓN: Creación y procesamiento de bienes y mercancías, incluyéndose su concepción, procesamiento en las diversas etapas y financiación ofrecida por los bancos. Se considera uno de los principales procesos económicos, medio por el cual el trabajo humano crea riqueza.

INVESTIGACIÓN APLICADA: La investigación aplicada, también conocida como activa o dinámica, corresponde al estudio y aplicación de la investigación a problemas definidos en circunstancias y características concretas. La investigación aplicada se halla estrechamente unida a la investigación pura pues, en cierta forma, depende de sus hallazgos y aportaciones teóricas.

MERCADO: Los consumidores reales y potenciales de un producto o servicio. Existen inmersos en la definición aspectos básicos: presencia de individuos con necesidades y deseos, de un producto, e intermediarios.

ECOEficiencia: La ecoeficiencia es el proceso continuo de maximizar la productividad de los recursos, minimizando desechos y emisiones, y generando valor para la empresa, sus clientes, sus accionistas y demás partes interesadas.

IMPACTO AMBIENTAL: Cualquier cambio en el ambiente, sea adverso o beneficioso, resultante de las actividades, productos o servicios de una organización.

GESTIÓN: es el término utilizado para designar los aspectos financieros y administrativos del funcionamiento de una organización y/o proyecto. Su objetivo es la determinación de la cantidad de recursos necesarios para la consecución de las metas propuestas.

EDAFOLÓGICO: Perteneiente o relativo a la edafología.

EDAFOLOGÍA: Ciencia que trata de la naturaleza y condiciones del suelo, en su relación con las plantas.

COMPILACIÓN: Obra que reúne informaciones, preceptos o doctrinas aparecidas antes por separado o en otras obras.

ARTESANÍA: Conjunto de las artes realizadas total o parcialmente a mano que requiere destreza manual y artística, realizadas por una comunidad cultural particular, para realizar objetos funcionales o decorativos.

PROCESOS: Conjunto de las fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial. **PRUEBA:** Razón, argumento, instrumento u otro medio con que se pretende mostrar y hacer patente la verdad o falsedad de algo. Es el Indicio, señal o muestra que se da de algo.

PROBETA: Muestra de cualquier sustancia o material para probar su elasticidad, resistencia y demás propiedades.

ENCOLAR: pegar con una sustancia adhesiva a una superficie.

PEGUE: Unión de distintas piezas a través de un adhesivo.

AUTOCLAVE: Aparato que sirve para esterilizar y manipular objetos y sustancias situados en su interior, por medio de vapor y altas temperaturas.

FIBRA: Cada uno de los filamentos que entran en la composición de los tejidos orgánicos vegetales o animales.

GRANO: vista transversal de la fibra.

ESFUERZO PERPENDICULAR A LA FIBRA: cualquier clase de esfuerzo que se aplica formando un ángulo recto con la dirección de la fibra.

ESFUERZO PARALELO A LA FIBRA: cualquier clase de esfuerzo que se aplica en la misma dirección de la fibra.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- SÁNCHEZ, Eliana, BURBANO Lina. Striata diseño vivo (Intervención Proceso Productivo de Guadua Laminada). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá 2004
- GUTIÉRREZ DURÁNA, Luz Mónica. Aplicación de guadua laminada pegada en sistema tensegrity. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá 2000
- LÓPEZ, N. E., SARMIENTO L., A. M. Exploración de la guadua como material de uso industrial. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, Facultad de artes, Escuela de Diseño Industrial. Bogotá, Colombia. 2002.
- VANEGAS, Gina Paola. PEDRAZA, Ivonne, Guadua Laminada, Investigación, experimentación, aplicación. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá 2003
- DELGADO OSORIO, Claudia Patricia. Paneles estructurales con lámina de guadua. Universidad nacional de Colombia, Bogotá, 2000
- STAMM, Jörg. Proyecto latas y laminados en guadua, informe final. Universidad Tecnológica de Pereira–GTZ. Pereira Marzo de 2002
- GIRALDO HERRERA, Edgar, SABOGAL OSPINA, Aureliano. Una alternativa sostenible: La guadua. CRQ. Armenia, 1999
- MORENO ORJUELA, Rubén Darío. Guadua como alternativa económica. CARDER Gobernación Comité departamental de cafeteros. Pereira mayo 26 de 2000.
- MORENO ORJUELA, Rubén, MEDINA ALBARRACÍN, Armando, SOTO SALAMANCA, Helbert, OSRIO ARIZTIZABAL Jorge, VELAZCO AVAT

Eduardo, GUERRERO USEDA, Rubén, Norma Unificada en Guadua, Proyecto manejo sostenible de bosques en Colombia, Bogotá 2002.

- VELÁSQUEZ E. F Montaje de una planta procesadora de guadua para pisos, paneles y molduras. Conferencia en Simposio sobre usos y servicios de la guadua. AsoCARS. Armenia, Colombia. Fundación para el desarrollo del Quindío. 2001.
- HIDALGO, O. Bambú, su cultivo y aplicación en la fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería, artesanía. Editorial estudios técnicos colombianos Ltda. Bogotá, Colombia. 1975.
- ARIAS Y., A. Economía y rentabilidad de los cultivos de guadua. Conferencia en Simposio sobre usos y servicios de la guadua. AsoCARS. Armenia, Colombia. 2001
- INSTITUTO LATINO ALEMÁN DEL LA TECNOLOGÍA DEL APRENDIZAJE, Sistema de perfeccionamiento profesional. Gestión ambiental en la industria. Tomo 12. Editado por Carl Duisberg Gesellschaft e.V. 1995 Houhenstaufenring 30 - 32. República de Alemania
- CASTAÑO, Francisco, Guadua para todos, Cali, Valle 1999 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE RISARALDA. CARDER. Inventario departamental de guadua. Pereira, Risaralda. 1991-1996
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE RISARALDA. CARDER. Estadísticas forestales. Pereira, Risaralda. 1994-1999
- MOJICA Claudia, CASTELLANOS, Adriana, Con las manos, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 2001
- BARÓN, Ronald, CÁRDENAS Diana, CASTELLANOS Sandra, Manual de Eco-diseño (fundamentos para el diseñador industrial), trabajo final para aprobara la materia teoría II, Escuela de diseño industrial, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2000

- ORDOÑES CANDELARIA, Rubén, QUIROZ SOTO, Arturo, ZARATE MORALES, Reyna Paula, propiedades mecánicas de laminados estructurales con madera de encino, Universidad Autónoma metropolitana – Azcapotzalco. México, 1998.
- CADENA PRODUCTIVA DE LA GUADUA, Organización de la cadena de la Guadua y caracterización de actores y procesos, Memorias del proceso, Grupo líder de trabajo regional (departamentos de Caldas, Cauca, Cundinamarca, Quindío, Risaralda, Valle del cauca, Tolima), Nohelia Mejía Gallón – Editora. Armenia, Quindío 2003
- VILLEGAS, M.G. Sistema de secado y preservación de la guadua y la madera por ahumado, Memorias, Seminario Guadua en la reconstrucción, Armenia 2000
- LIESE, W., WEINER G., Ageing oh bamboo culms. Wood Sc. Technl, 1996.
- MORAN J .A., Traditional Bamboo Preservation Methods in Latin America. INBAR 2002
- LIESE, W., Anatomía del Bambú / Guadua. Memorias I congreso mundial de Bambú / Guadua, Pereira, sena Bogotá, 1998
- AKZO NOBEL, Ficha técnica, Polímero 216 FE L para tableros, INTERQUIM S.A., Medellín, 2004
- AKZO NOBEL, Ficha técnica, Polímero COL 80 Madera, INTERQUIM S.A., Medellín, 2004
- AKZO NOBEL, Ficha técnica, PVAc 3339, INTERQUIM S.A., Medellín, 2004
- NTC 2912, Maderas. Tableros de fibra. Determinación de la resistencia a la flexión, Editado por el instituto colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC), 2004

- NTC 944, Maderas. Determinación de la Tracción paralela al grano, Editado por el instituto colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC), 2004
- NTC 961, Maderas. Determinación de la tracción perpendicular al grano, Editado por el instituto colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC), 2004
- NTC 663, Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión, Editado por el instituto colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC), 2004
- NTC 3377, Maderas. Ensayos con probetas pequeñas, Editado por el instituto colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC), 2004

Consultas en Internet:

- www.sil.org/capacitar/antro/cultura.pdf
- www.guadua.org/
- www.guadua.biz/
- www.pl.cl/index2.html www.pl.cl/familia.asp?cod_fam=2
- www.pl.cl/index2.html
- www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/
- [Cleanpn.htm#produ](#)
- www.ipirti.com.
- [www.crq.gov.co/centro nacional de la guadua](http://www.crq.gov.co/centro_nacional_de_la_guadua)
- www.jica.org.hotmail.com.jp/
- www.agroguaduabamboo.com
- Www.orozcopardo.com

ANEXO 1

CÁLCULOS DE RESULTADOS PRUEBAS FÍSICO - MECÁNICAS.

CÁLCULOS PARA PVAc

1. Flexión:

La resistencia a la flexión se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma \text{ máx} = \frac{3PL}{2ae^2}$$

Donde:

$\sigma \text{ máx}$ = Resistencia máxima a la flexión, en Kilogramos por centímetro cuadrado.

P= Carga de rotura en N

L= Luz entre los soportes en milímetros

a= Ancho de la probeta en milímetros

e= Altura de la probeta en milímetros

Guadua Blanca / laminada de canto:

P= 1338,7 N

L= 75 mm

a= 75 mm

e= 5 mm

$$\sigma \text{ máx} = \frac{3 \times 1338,7 \text{ N} \times 75 \text{ mm}}{2 \times 75 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma \text{ máx} = \frac{301207,5 \text{ Nmm}}{3750 \text{ mm}}$$

$$\sigma \text{ máx} = 80,32 \text{ N/mm}^2$$

Guadua Carbonizada / laminada de canto:

$$P= 1185,8 \text{ N}$$

$$L= 75 \text{ mm}$$

$$a= 75 \text{ mm}$$

$$e= 5 \text{ mm}$$

$$\sigma \text{ máx} = \frac{3 \times 1185,8 \text{ N} \times 75 \text{ mm}}{2 \times 75 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma \text{ máx} = \frac{266805 \text{ Nmm}}{3750 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma \text{ máx} = 71,14 \text{ N/mm}^2$$

Guadua blanca / laminada de cara:

$$P= 5586 \text{ N}$$

$$L= 372 \text{ mm}$$

$$a= 75 \text{ mm}$$

$$e= 25 \text{ mm}$$

$$\sigma \text{ máx} = \frac{3 \times 5586 \text{ N} \times 372 \text{ mm}}{2 \times 75 \text{ mm} \times 625 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma \text{ máx} = \frac{6233976 \text{ Nmm}}{93750 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma \text{ máx} = 66,49 \text{ N/mm}^2$$

Guadua Carbonizada / laminada de cara:

$$P= 4743,2 \text{ N}$$

$$L= 372 \text{ mm}$$

$$a= 75 \text{ mm}$$

$$e = 25 \text{ mm}$$

$$\sigma \text{ máx} = \frac{3 \times 4743,2 \text{ N} \times 372 \text{ mm}}{2 \times 75 \text{ mm} \times 625 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma \text{ máx} = \frac{5293411,2 \text{ Nmm}}{93750 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma \text{ máx} = 56,46 \text{ N/mm}^2$$

2. Tensión paralela al grano:

El esfuerzo unitario máximo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$EM = \frac{P}{A}$$

Donde:

EM= Esfuerzo unitario máximo en N/cm²

P= Carga máxima soportada por la probeta en N

A= Área de la sección mínima de la probeta, en cm²

El modulo de elasticidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$MOE = \frac{P \times l}{A \times d}$$

Donde:

MOE= Modulo de elasticidad en N/cm²

P= Carga máxima soportada por la probeta en N

l= Luz entre las cuchillas de las abrazaderas del extensómetro en cm

A= Área de la sección mínima de la probeta, en cm²

d= Deformación de la probeta en cm²

Guadua blanca / laminada de cara:

$$P= 16170 \text{ N}$$

$$A= 1,62 \text{ cm}^2$$

$$EM= \frac{16170 \text{ N}}{1.62\text{cm}^2}$$

$$EM= 9981,5\text{N/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

$$MOE= \text{Modulo de elasticidad en N/cm}^2$$

$$P= 16170 \text{ N}$$

$$l= 6,8 \text{ cm}$$

$$A= 1,62 \text{ cm}^2$$

$$d= 0.26 \text{ cm}^2$$

$$MOE= \frac{16170 \text{ N} \times 6.8\text{cm}}{1.62\text{cm}^2 \times 0,26\text{cm}}$$

$$MOE= \frac{109956 \text{ Ncm}}{0,42\text{cm}^3}$$

$$MOE= 261800\text{N/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de cara:

$$P= 12250 \text{ N}$$

$$A= 1,62 \text{ cm}^2$$

$$EM= \frac{12250 \text{ N}}{1.62\text{cm}^2}$$

$$EM= 7561,1N/cm^2$$

Modulo de elasticidad:

$$MOE= \text{Modulo de elasticidad en } N/cm^2$$

$$P= 12250 \text{ N}$$

$$l= 6,8 \text{ cm}$$

$$A= 1,62 \text{ cm}^2$$

$$d= 0,23 \text{ cm}^2$$

$$MOE= \frac{12250 \text{ N} \times 6,8 \text{ cm}}{1,62 \text{ cm}^2 \times 0,23 \text{ cm}}$$

$$MOE= \frac{83300 \text{ Ncm}}{0,37 \text{ cm}^3}$$

$$MOE= 225135N/cm^2$$

3. Tensión perpendicular al grano:

El esfuerzo unitario máximo a la tracción perpendicular al grano se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$RT= \frac{P}{A}$$

Donde:

EM= Esfuerzo unitario máximo a la tracción perpendicular al grano en N/cm^2

P= Carga máxima soportada por la probeta en N

A= Área de la sección mínima de la probeta, en cm^2

Guadua blanca / laminada de canto:

$$P= 2058 \text{ N}$$

$$A= 12 \text{ cm}^2$$

$$RT= \frac{2058 \text{ N}}{12\text{cm}^2}$$

$$RT= 171,5/\text{cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de canto:

$$P= 2245 \text{ N}$$

$$A= 12 \text{ cm}^2$$

$$RT= \frac{2254 \text{ N}}{12\text{cm}^2}$$

$$RT= 187,8 \text{ N/cm}^2$$

4. Compresión paralela al grano:

La resistencia máxima de rotura a la compresión paralela al grano se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma = c//\text{máx} = \frac{P}{S}$$

Donde:

$\sigma = c//\text{máx}$ = Resistencia máxima de rotura a la compresión paralela al grano en dN/cm²

P= Carga máxima soportada por la probeta en dN

S= Área de la sección mínima de la probeta en cm²

El modulo de elasticidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Ec// = \frac{Px l}{Sx d}$$

Donde:

$E_{c//}$ = Modulo de elasticidad en N/cm^2

P = Carga máxima soportada por la probeta en dN

l = Luz entre las cuchillas de las abrazaderas del comparador en
cm

S = Área de la sección mínima de la probeta, en cm^2

d = Deformación de la probeta en cm

Guadua blanca / laminada de cara:

P = 7399 dN

S = 25 cm^2

$$\sigma = \frac{7399 \text{ Dn}}{25cm^2}$$

$$\sigma = 295 \text{ dN/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

$E_{c//}$ = Modulo de elasticidad en dN/cm^2

P = 7399 dN

l = 15 cm

S = 25 cm^2

d = 10 cm

$$E_{c//} = \frac{7399dN \times 15cm}{25cm^2 \times 10cm}$$

$$E_{c//} = \frac{110985 \text{ dNcm}}{250cm^3}$$

$$E_{c//} = 443,94 \text{ dN/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de cara:

$$P = 6468 \text{ dN}$$

$$S = 25 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{6468 \text{ dN}}{25 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 258,7 \text{ dN/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

$E_{c//}$ = Modulo de elasticidad en dN/cm^2

$$P = 6468 \text{ dN}$$

$$l = 15 \text{ cm}$$

$$S = 25 \text{ cm}^2$$

$$d = 8,1 \text{ cm}$$

$$E_{c//} = \frac{6468 \text{ dN} \times 15 \text{ cm}}{25 \text{ cm}^2 \times 8,1 \text{ cm}}$$

$$E_{c//} = \frac{97020 \text{ dNcm}}{202,5 \text{ cm}^3}$$

$$E_{c//} = 479,1 \text{ dN/cm}^2$$

5. Compresión paralela al grano:

La resistencia máxima de rotura a la compresión paralela al grano se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma = c_{//\text{máx}} = P$$

Donde:

$\sigma = c//\text{máx} =$ Resistencia máxima de rotura a la compresión paralela al grano en dN/cm²

P= Carga máxima soportada por la probeta en dN

S= Área de la sección mínima de la probeta en cm²

El modulo de elasticidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Ec// = \frac{Px l}{Sxd}$$

Donde:

Ec// = Modulo de elasticidad en N/cm²

P= Carga máxima soportada por la probeta en dN

l= Luz entre las cuchillas de las abrazaderas del comparador en cm

S= Área de la sección mínima de la probeta, en cm²

d= Deformación de la probeta en cm

Guadua blanca / laminada de canto:

P= 1607,2 dN

S= 25 cm²

$$\sigma = \frac{1607,2 \text{ dN}}{25 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 64,28 \text{ dN/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

Ec// = Modulo de elasticidad en dN/cm²

P= 1607,2 dN

l= 15 cm

S= 25 cm²

$$d = 1,7 \text{ cm}$$

$$Ec // = \frac{1607,2 \text{ dN} \times 15 \text{ cm}}{25 \text{ cm}^2 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$Ec // = \frac{24108 \text{ dNcm}}{42,5 \text{ cm}^3}$$

$$Ec // = 567,2 \text{ dN/cm}^2$$

6. Corte:

La resistencia máxima de rotura al corte se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_{\tau} = \frac{P}{S}$$

Donde:

σ_{τ} = Resistencia máxima de rotura a corte en Kgf/cm²

P = Carga máxima soportada por la probeta en Kgf

S = Área de la sección mínima de la probeta en cm²

Guadua blanca / laminada de cara:

$$P = 2740 \text{ Kgf}$$

$$S = 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{\tau} = \frac{2740 \text{ Kgf}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma_{\tau} = 94,4 \text{ Kgf/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de cara:

$$P = 1450 \text{ Kgf}$$

$$S = 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_z = \frac{1450 \text{ Kgf}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma_z = 50 \text{ Kgf/cm}^2$$

Guadua blanca / laminada de canto:

NO APLICA

Guadua carbonizada / laminada de canto:

NO APLICA

7. Agrietamiento:

La resistencia máxima de agrietamiento se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{P}{S}$$

Donde:

σ = Resistencia máxima de rotura acorte en N/cm²

P = Carga máxima soportada por la probeta en N

S = Área de la sección mínima de la probeta en cm²

Guadua blanca / laminada de cara:

$$P = 2156 \text{ N}$$

$$S = 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{2156 \text{ N}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 74,34 \text{ N/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de cara:

$$P = 1127 \text{ N}$$

$$S = 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1127 \text{ N}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 38,86 \text{ N/cm}^2$$

Guadua blanca / laminada de canto:

$$P = 1078 \text{ N}$$

$$S = 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1078 \text{ N}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 37,17 \text{ N/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de canto:

$$P = 1225 \text{ N}$$

$$S = 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1225 \text{ N}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 42,24 \text{ N/cm}^2$$

CÁLCULOS PARA MELAMINA – ÚREA FORMALDEHÍDO

1. Flexión:

La resistencia a la flexión se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma \text{ máx} = \frac{3Pl}{2ae^2}$$

Donde:

$\sigma \text{ máx}$ = Resistencia máxima a la flexión, en Kilogramos por centímetro cuadrado.

P= Carga de rotura en N

L= Luz entre los soportes en milímetros

a= Ancho de la probeta en milímetros

e= Altura de la probeta en milímetros

Guadua Blanca / laminada de canto:

P= 1975,7 N

L= 95 mm

a= 75 mm

e= 5 mm

$$\sigma \text{ máx} = \frac{3 \times 1975,7 \text{ N} \times 95 \text{ mm}}{2 \times 75 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma \text{ máx} = \frac{563074,5 \text{ Nmm}}{3750 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma \text{ máx} = 150,15 \text{ N/mm}^2$$

Guadua Carbonizada / laminada de canto:

P= 1117,2 N

$$L = 95 \text{ mm}$$

$$a = 75 \text{ mm}$$

$$e = 5 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{3 \times 1117,2 \text{ N} \times 95 \text{ mm}}{2 \times 75 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{318402 \text{ Nmm}}{3750 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 84,90 \text{ N/mm}^2$$

Guadua blanca / laminada de cara:

$$P = 5974,08 \text{ N}$$

$$L = 372 \text{ mm}$$

$$a = 75 \text{ mm}$$

$$e = 25 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{3 \times 5974,08 \text{ N} \times 372 \text{ mm}}{2 \times 75 \text{ mm} \times 625 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{6667073,2 \text{ Nmm}}{93750 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 71,11 \text{ N/mm}^2$$

Guadua Carbonizada / laminada de cara:

$$P = 3586,8 \text{ N}$$

$$L = 372 \text{ mm}$$

$$a = 75 \text{ mm}$$

$$e = 25 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{3 \times 3586,8 \text{ N} \times 372 \text{ mm}}{2 \times 75 \text{ mm} \times 625 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma \text{ máx} = \frac{4002868,8 \text{ Nmm}}{93750 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma \text{ máx} = 42,69 \text{ N/mm}^2$$

2. Tensión paralela al grano:

El esfuerzo unitario máximo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$EM = \frac{P}{A}$$

Donde:

EM= Esfuerzo unitario máximo en N/cm²

P= Carga máxima soportada por la probeta en N

A= Área de la sección mínima de la probeta, en cm²

El modulo de elasticidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$MOE = \frac{P \times l}{A \times d}$$

Donde:

MOE= Modulo de elasticidad en N/cm²

P= Carga máxima soportada por la probeta en N

l= Luz entre las cuchillas de las abrazaderas del extensómetro en cm

A= Área de la sección mínima de la probeta, en cm²

d= Deformación de la probeta en cm²

Guadua blanca / laminada de cara:

$$P= 16170 \text{ N}$$

$$A= 1,62 \text{ cm}^2$$

$$EM= \frac{16170 \text{ N}}{1,62 \text{ cm}^2}$$

$$EM= 9981,5 \text{ N/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

$$MOE= \text{Modulo de elasticidad en N/cm}^2$$

$$P= 16170 \text{ N}$$

$$l= 6,8 \text{ cm}$$

$$A= 1,62 \text{ cm}^2$$

$$d= 0,26 \text{ cm}^2$$

$$MOE= \frac{16170 \text{ N} \times 6,8 \text{ cm}}{1,62 \text{ cm}^2 \times 0,26 \text{ cm}}$$

$$MOE= \frac{109956 \text{ Ncm}}{0,42 \text{ cm}^3}$$

$$MOE= 261800 \text{ N/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de cara:

$$P= 12250 \text{ N}$$

$$A= 1,62 \text{ cm}^2$$

$$EM= \frac{12250 \text{ N}}{1,62 \text{ cm}^2}$$

$$EM= 7561,1 \text{ N/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

$$MOE= \text{Modulo de elasticidad en N/cm}^2$$

$$P= 12250 \text{ N}$$

$$l = 6,8 \text{ cm}$$

$$A = 1,62 \text{ cm}^2$$

$$d = 0,23 \text{ cm}^2$$

$$\text{MOE} = \frac{12250 \text{ N} \times 6,8 \text{ cm}}{1,62 \text{ cm}^2 \times 0,23 \text{ cm}}$$

$$\text{MOE} = \frac{83300 \text{ Ncm}}{0,37 \text{ cm}^3}$$

$$\text{MOE} = 225135 \text{ N/cm}^2$$

3. Tensión perpendicular al grano:

El esfuerzo unitario máximo a la tracción perpendicular al grano se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$RT = \frac{P}{A}$$

Donde:

EM = Esfuerzo unitario máximo a la tracción perpendicular al grano en N/cm²

P = Carga máxima soportada por la probeta en N

A = Área de la sección mínima de la probeta, en cm²

Guadua blanca / laminada de canto:

$$P = 1323 \text{ N}$$

$$A = 12 \text{ cm}^2$$

$$RT = \frac{1323 \text{ N}}{12 \text{ cm}^2}$$

$$RT = 110,25 / \text{cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de canto:

$$P= 568,4 \text{ N}$$

$$A= 12 \text{ cm}^2$$

$$RT= \frac{568,4 \text{ N}}{12 \text{ cm}^2}$$

$$RT= 47,36 \text{ N/cm}^2$$

4. Compresión paralela al grano:

La resistencia máxima de rotura a la compresión paralela al grano se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma = c//\text{máx} = \frac{P}{S}$$

Donde:

$\sigma = c//\text{máx}$ = Resistencia máxima de rotura a la compresión paralela al grano en dN/cm²

P= Carga máxima soportada por la probeta en dN

S= Área de la sección mínima de la probeta en cm²

El modulo de elasticidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Ec// = \frac{P \cdot l}{S \cdot \Delta d}$$

Donde:

$Ec//$ = Modulo de elasticidad en N/cm²

P= Carga máxima soportada por la probeta en dN

l= Luz entre las cuchillas de las abrazaderas del comparador en cm

S= Área de la sección mínima de la probeta, en cm²

d= Deformación de la probeta en cm

Guadua blanca / laminada de cara:

P= 9408 dN

S= 25 cm²

$$\sigma = \frac{9408 \text{ dN}}{25 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 376,3 \text{ dN/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

Ec//= Modulo de elasticidad en dN/cm²

P= 9408 dN

l= 15 cm

S= 25 cm²

d= 4,1 cm

$$Ec// = \frac{9408 \text{ dN} \times 15 \text{ cm}}{25 \text{ cm}^2 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$Ec// = \frac{141120 \text{ dNcm}}{102,5 \text{ cm}^3}$$

$$Ec// = 1376,7 \text{ dN/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de cara:

P= 7840 dN

S= 25 cm²

$$\sigma = \frac{7840 \text{ dN}}{25 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 313,6 \text{ dN/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

$E_{c//}$ = Modulo de elasticidad en dN/cm²

P = 7840 dN

l = 15 cm

S = 25 cm²

d = 4,7 cm

$E_{c//}$ = 1000,85 dN/cm²

5. Compresión perpendicular al grano:

La resistencia máxima de rotura a la compresión paralela al grano se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma = c//\text{máx} = \frac{P}{S}$$

Donde:

$\sigma = c//\text{máx}$ = Resistencia máxima de rotura a la compresión paralela al grano en dN/cm²

P = Carga máxima soportada por la probeta en dN

S = Área de la sección mínima de la probeta en cm²

El modulo de elasticidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$E_{c//} = \frac{P \times l}{\Delta x \times d}$$

Donde:

$E_{c//}$ = Modulo de elasticidad en N/cm²

P = Carga máxima soportada por la probeta en dN

l = Luz entre las cuchillas de las abrazaderas del comparador en cm

S= Área de la sección mínima de la probeta, en cm²

d= Deformación de la probeta en cm

Guadua blanca / laminada de canto:

P= 2446,08 dN

S= 25 cm²

$$\sigma = \frac{2446,08 \text{ dN}}{25 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 97,84 \text{ dN/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

Ec// = Modulo de elasticidad en dN/cm²

P= 2446,08 dN

l= 15 cm

S= 25 cm²

d= 2,7 cm

$$Ec// = \frac{2446,08 \text{ dN} \times 15 \text{ cm}}{25 \text{ cm}^2 \times 2,7 \text{ cm}}$$

$$Ec// = \frac{36691,2 \text{ dNcm}}{67,5 \text{ cm}^3}$$

$$Ec// = 543,57 \text{ dN/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de canto:

P= 1681,68 dN

S= 25 cm²

$$\sigma = \frac{1681,68 \text{ dN}}{25 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 67,26 \text{ dN/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

$E_{c//}$ = Modulo de elasticidad en dN/cm²

$$P = 1681,68 \text{ dN}$$

$$l = 15 \text{ cm}$$

$$S = 25 \text{ cm}^2$$

$$d = 3,1 \text{ cm}$$

$$E_{c//} = 319,3 \text{ dN/cm}^2$$

6. Corte:

La resistencia máxima de rotura al corte se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_{\tau} = \frac{P}{S}$$

Donde:

σ_{τ} = Resistencia máxima de rotura acorte en Kgf/cm²

P = Carga máxima soportada por la probeta en Kgf

S = Área de la sección mínima de la probeta en cm²

Guadua blanca / laminada de cara:

$$P = 1750 \text{ Kgf}$$

$$S = 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{\tau} = \frac{1750 \text{ Kgf}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma_{\tau} = 60,34 \text{ Kgf/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de cara:

$$P= 2200 \text{ Kgf}$$

$$S= 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_z = \frac{2200 \text{ Kgf}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma_z = 75,86 \text{ Kgf/cm}^2$$

Guadua blanca / laminada de canto:

NO APLICA

Guadua carbonizada / laminada de canto:

NO APLICA

7. Agrietamiento:

La resistencia máxima de agrietamiento se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{P}{S}$$

Donde:

σ = Resistencia máxima de rotura acorte en N/cm²

P= Carga máxima soportada por la probeta en N

S= Área de la sección mínima de la probeta en cm²

Guadua blanca / laminada de cara:

$$P= 1274 \text{ N}$$

$$S = 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1274 \text{ N}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 43,9 \text{ N/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de cara:

$$P = 882 \text{ N}$$

$$S = 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{882 \text{ N}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 30,4 \text{ N/cm}^2$$

Guadua blanca / laminada de canto:

$$P = 784 \text{ N}$$

$$S = 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{784 \text{ N}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 27,03 \text{ N/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de canto:

$$P = 980 \text{ N}$$

$$S = 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{980 \text{ N}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 33,8 \text{ N/cm}^2$$

CÁLCULOS PARA EPI

1. Flexión:

La resistencia a la flexión se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma \text{ máx} = \frac{3PL}{2ae^2}$$

Donde:

$\sigma \text{ máx}$ = Resistencia máxima a la flexión, en Kilogramos por centímetro cuadrado.

P= Carga de rotura en N

L= Luz entre los soportes en milímetros

a= Ancho de la probeta en milímetros

e= Altura de la probeta en milímetros

Guadua Blanca / laminada de canto:

P= 2133,4 N

L= 75 mm

a= 75 mm

e= 5 mm

$$\sigma \text{ máx} = \frac{3 \times 2133,4 \text{ N} \times 75 \text{ mm}}{2 \times 75 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma \text{ máx} = \frac{480028,5 \text{ Nmm}}{3750 \text{ mm}}$$

$$\sigma \text{ máx} = 128 \text{ N/mm}^2$$

Guadua Carbonizada / laminada de canto:

$$P= 1174.04 \text{ N}$$

$$L= 75 \text{ mm}$$

$$a= 75 \text{ mm}$$

$$e= 5 \text{ mm}$$

$$\sigma \text{ máx} = \frac{3 \times 1174.04 \text{ N} \times 75 \text{ mm}}{2 \times 75 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma \text{ máx} = \frac{264159 \text{ Nmm}}{3750 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma \text{ máx} = 70.44 \text{ N/mm}^2$$

Guadua blanca / laminada de cara:

$$P= 5679,9 \text{ N}$$

$$L= 372 \text{ mm}$$

$$a= 75 \text{ mm}$$

$$e= 25 \text{ mm}$$

$$\sigma \text{ máx} = \frac{3 \times 5679,9 \text{ N} \times 372 \text{ mm}}{2 \times 75 \text{ mm} \times 625 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma \text{ máx} = \frac{6673635,3 \text{ Nmm}}{93750 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma \text{ máx} = 71,1 \text{ N/mm}^2$$

Guadua Carbonizada / laminada de cara:

$$P= 4566.8 \text{ N}$$

$$L= 372 \text{ mm}$$

$$a= 75 \text{ mm}$$

$$e= 25 \text{ mm}$$

$$\sigma \text{ máx} = \frac{3 \times 4566.8 \text{ N} \times 372 \text{ mm}}{2 \times 75 \text{ mm} \times 625 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma \text{ máx} = \frac{5096548.8 \text{ Nmm}}{93750 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma \text{ máx} = 54.36 \text{ N/mm}^2$$

2. Tensión paralela al grano:

El esfuerzo unitario máximo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$EM = \frac{P}{A}$$

Donde:

EM= Esfuerzo unitario máximo en N/cm²

P= Carga máxima soportada por la probeta en N

A= Área de la sección mínima de la probeta, en cm²

El modulo de elasticidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$MOE = \frac{P \times l}{A \times d}$$

Donde:

MOE= Modulo de elasticidad en N/cm²

P= Carga máxima soportada por la probeta en N

l= Luz entre las cuchillas de las abrazaderas del extensómetro en cm

A= Área de la sección mínima de la probeta, en cm²

d= Deformación de la probeta en cm²

Guadua blanca / laminada de cara:

$$P= 16170 \text{ N}$$

$$A= 1,62 \text{ cm}^2$$

$$EM= \frac{16170 \text{ N}}{1.62\text{cm}^2}$$

$$EM= 9981,5\text{N/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

MOE= Modulo de elasticidad en N/cm²

$$P= 16170 \text{ N}$$

$$l= 6,8 \text{ cm}$$

$$A= 1,62 \text{ cm}^2$$

$$d= 0.26 \text{ cm}^2$$

$$MOE= \frac{16170 \text{ N} \times 6.8\text{cm}}{1.62\text{cm}^2 \times 0,26\text{cm}}$$

$$MOE= \frac{109956 \text{ Ncm}}{0,42\text{cm}^3}$$

$$MOE= 261800\text{N/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de cara:

$$P= 12250 \text{ N}$$

$$A= 1,62 \text{ cm}^2$$

$$EM= \frac{12250 \text{ N}}{1.62\text{cm}^2}$$

$$EM= 7561,1\text{N/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

MOE= Modulo de elasticidad en N/cm²

P= 12250 N

l= 6,8 cm

A= 1,62 cm²

d= 0.23 cm²

$$\text{MOE} = \frac{12250 \text{ N} \times 6.8 \text{ cm}}{1.62 \text{ cm}^2 \times 0.23 \text{ cm}}$$

$$\text{MOE} = \frac{83300 \text{ Ncm}}{0.37 \text{ cm}^3}$$

$$\text{MOE} = 225135 \text{ N/cm}^2$$

3. Tensión perpendicular al grano:

El esfuerzo unitario máximo a la tracción perpendicular al grano se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$RT = \frac{P}{A}$$

Donde:

EM= Esfuerzo unitario máximo a la tracción perpendicular al grano en N/cm²

P= Carga máxima soportada por la probeta en N

A= Área de la sección mínima de la probeta, en cm²

Guadua blanca / laminada de canto:

P= 1803,2 N

A= 12 cm²

$$RT = \frac{1803,2 \text{ N}}{12 \text{ cm}^2}$$

$$RT = 150,2 \text{ N/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de canto:

$$P = 1940,4 \text{ N}$$

$$A = 12 \text{ cm}^2$$

$$RT = \frac{1940,4 \text{ N}}{12 \text{ cm}^2}$$

$$RT = 161,7 \text{ N/cm}^2$$

4. Compresión paralela al grano:

La resistencia máxima de rotura a la compresión paralela al grano se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma = c//\text{máx} = \frac{P}{S}$$

Donde:

$\sigma = c//\text{máx}$ = Resistencia máxima de rotura a la compresión paralela al grano en dN/cm²

P = Carga máxima soportada por la probeta en dN

S = Área de la sección mínima de la probeta en cm²

El modulo de elasticidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Ec// = \frac{P \times l}{S \times d}$$

Donde:

$E_{c//}$ = Modulo de elasticidad en N/cm^2

P = Carga máxima soportada por la probeta en dN

l = Luz entre las cuchillas de las abrazaderas del comparador en cm

S = Área de la sección mínima de la probeta, en cm^2

d = Deformación de la probeta en cm

Guadua blanca / laminada de cara:

P = 7906,6 dN

S = 25 cm^2

$$\sigma = \frac{7906,6 \text{ Dn}}{25cm^2}$$

$$\sigma = 316,2 \text{ dN/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

$E_{c//}$ = Modulo de elasticidad en dN/cm^2

P = 7906,6 dN

l = 15 cm

S = 25 cm^2

d = 10 cm

$$E_{c//} = \frac{7906,6dNx15cm}{25cm^2x10cm}$$

$$E_{c//} = \frac{110985 \text{ dNcm}}{250cm^3}$$

$$E_{c//} = 474,3 \text{ dN/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de cara:

$$P = 7438.2 \text{ dN}$$

$$S = 25 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{7438.2 \text{ dN}}{25 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 297.52 \text{ dN/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

$E_{c//}$ = Modulo de elasticidad en dN/cm^2

$$P = 7438.2 \text{ dN}$$

$$l = 15 \text{ cm}$$

$$S = 25 \text{ cm}^2$$

$$d = 8,1 \text{ cm}$$

$$E_{c//} = \frac{7438.2 \text{ dN} \times 15 \text{ cm}}{25 \text{ cm}^2 \times 8,1 \text{ cm}}$$

$$E_{c//} = \frac{111573 \text{ dNcm}}{202,5 \text{ cm}^3}$$

$$E_{c//} = 550.9 \text{ dN/cm}^2$$

5. Compresión perpendicular al grano:

La resistencia máxima de rotura a la compresión paralela al grano se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma = c_{//\text{máx}} = \frac{P}{S}$$

Donde:

$\sigma = c//\text{máx} =$ Resistencia máxima de rotura a la compresión paralela al grano en dN/cm²

P= Carga máxima soportada por la probeta en dN

S= Área de la sección mínima de la probeta en cm²

El modulo de elasticidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$E_{c//} = \frac{P \times l}{S \times d}$$

Donde:

$E_{c//} =$ Modulo de elasticidad en N/cm²

P= Carga máxima soportada por la probeta en dN

l= Luz entre las cuchillas de las abrazaderas del comparador en cm

S= Área de la sección mínima de la probeta, en cm²

d= Deformación de la probeta en cm

Guadua blanca / laminada de canto:

P= 1953,1 dN

S= 25 cm²

$$\sigma = \frac{1953,1 \text{ dN}}{25 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 78,1 \text{ dN/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

$E_{c//} =$ Modulo de elasticidad en dN/cm²

P= 1953,1 dN

l= 15 cm

$$S = 25 \text{ cm}^2$$

$$d = 2,4 \text{ cm}$$

$$Ec// = \frac{1953,1 \text{ dN} \times 15 \text{ cm}}{25 \text{ cm}^2 \times 2,4 \text{ cm}}$$

$$Ec// = \frac{29296,5 \text{ dNcm}}{42,5 \text{ cm}^3}$$

$$Ec// = 488,2 \text{ dN/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de canto:

$$P = 1519 \text{ dN}$$

$$S = 25 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1519 \text{ dN}}{25 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 60.76 \text{ dN/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

$Ec// =$ Modulo de elasticidad en dN/cm^2

$$P = 1519 \text{ dN}$$

$$l = 15 \text{ cm}$$

$$S = 25 \text{ cm}^2$$

$$d = 1,7 \text{ cm}$$

$$Ec// = \frac{1519 \text{ dN} \times 15 \text{ cm}}{25 \text{ cm}^2 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$Ec// = \frac{22785 \text{ dNcm}}{42,5 \text{ cm}^3}$$

$$Ec// = 536.1 \text{ dN/cm}^2$$

6. Corte:

La resistencia máxima de rotura al corte se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_{\tau} = \frac{P}{S}$$

Donde:

σ_{τ} = Resistencia máxima de rotura al corte en Kg/cm²

P = Carga máxima soportada por la probeta en Kg

S = Área de la sección mínima de la probeta en cm²

Guadua blanca / laminada de cara:

P = 30870 Kg

S = 29 cm²

$$\sigma_{\tau} = \frac{30870 \text{ Kg}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma_{\tau} = 1064,4 \text{ Kg/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de cara:

P = 1870 Kg

S = 29 cm²

$$\sigma_{\tau} = \frac{1870 \text{ Kg}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma_{\tau} = 64,4 \text{ Kg/cm}^2$$

Guadua blanca / laminada de canto:

NO APLICA

Guadua carbonizada / laminada de canto:

NO APLICA

7. Agrietamiento:

La resistencia máxima de agrietamiento se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{P}{S}$$

Donde:

σ = Resistencia máxima de rotura acorte en N/cm²

P = Carga máxima soportada por la probeta en N

S = Área de la sección mínima de la probeta en cm²

Guadua blanca / laminada de cara:

P = 1323 N

S = 29 cm²

$$\sigma = \frac{1323 \text{ N}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 45,6 \text{ N/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de cara:

P = 1097.6 N

S = 29 cm²

$$\sigma = \frac{1097.6 \text{ N}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 37.84 \text{ N/cm}^2$$

Guadua blanca / laminada de canto:

$$P= 2646 \text{ N}$$

$$S= 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{2646 \text{ N}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 91,2 \text{ N/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de canto:

$$P= 1764 \text{ N}$$

$$S= 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1764 \text{ N}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 60.82 \text{ N/cm}^2$$