

Elaboración de tableros de partículas aglomeradas a partir de los residuos de Guadua (*Guadua angustifolia* KUNTH) resultado de los procesos de transformación

Production bonded particle board from waste Guadua (*Guadua angustifolia* KUNTH) result of transformation process

Alberto Londoño-Arango^I, Luis Alfredo Lozano-Botache^{II},
Cesar Augusto Gómez-Maluche^{III} & Luis Fernando Pórtela^{IV}.

Resumen. Se elaboraron cuatro tipos de tableros de partículas aglomeradas de *Guadua angustifolia*, formados con igual porcentaje de componentes de partículas de guadua, adhesivo urea formaldehído, catalizador sulfato de amonio y agua. Para determinar las propiedades físicas y mecánicas se les realizaron pruebas, mediante un diseño factorial 2x2, con cinco réplicas, teniendo como variables el peso de partículas (700 y 1.000 gramos respectivamente) utilizadas para formar un tablero de 40x40 centímetros, y el número de capas de formación del tablero (una y tres). Los resultados muestran que el tablero realizado con el tratamiento de tres capas y 1000 gramos es el que mejor características físico-mecánicas presenta. No obstante, cuando estos resultados se comparan con los de un trabajo similar con *Gynerium sagittatum* (Aubl.) P. Beauv, de resinosidad al 10 y al 13 %, los valores aquí obtenidos son menores.

Palabras clave: Adhesivo urea formaldehído, catalizador sulfato de amonio, resistencia de materiales, tableros de partículas aglomeradas de guadua, propiedades físicas y mecánicas de la guadua.

-
- I Docente, Universidad del Tolima. barrio Santa Elena parte alta. CP. 73000-6299. Ibagué, Tolima, Colombia alondono@ut.edu.co
- II Docente, Facultad de Ingeniero Forestal. Universidad del Tolima. barrio Santa Elena parte alta. CP. 73000-6299. Ibagué, Tolima, Colombia. Grupo de Investigación en Biodiversidad y Dinámica de ecosistemas tropicales. llozano@ut.edu.co
- III Estudiante Ingeniería Forestal. Universidad del Tolima. tutogomez1984@yahoo.es
- IV Estudiante Ingeniería Forestal. Universidad del Tolima. Metalfer_780@hotmail.com

Abstract: Four types of particle board were developed from waste of *Guadua angustifolia*. The boards were made with the same percentage of the particulate components of bamboo, urea formaldehyde adhesive, catalyst ammonium sulfate and water. To determine the physical and mechanical properties, we tested with a 2x2 factorial design with five replicates, taking variables such as the weight of particles (700 and 1,000 grams respectively) making a board of 40x40 centimeters, with one to three layers. The results show that the treatment of 1000 grams and three layers of particles, was the best about physical and mechanical characteristic. However, when these results are compared with those of similar work with *Gynerium sagittatum*, resin 10 and 13%, the values obtained here are lower than those of *G. sagittatum* panels.

Key word: Urea formaldehyde adhesive, catalyst ammonium sulfate, physical and mechanical properties of bamboo, bonded particle board from bamboo, strength of materials.

1. INTRODUCCIÓN

En los procesos industriales y artesanales de la guadua, el manejo de los sobrantes que de allí provienen ha sido todo un inconveniente, siendo común que se les arroje a la basura o que se les utilice como combustible de baja calidad, cuando podrían tener un uso adecuado y con mayor beneficio industrial. En este sentido, sería importante considerar a estos sobrantes como materia prima dentro de otro proceso productivo, como por ejemplo los tableros aglomerados, que son formados a partir de pequeñas partículas provenientes del astillado de la madera o, como lo que se propone en este trabajo, partículas de la guadua. Los tableros de partículas aglomeradas son definidos por la Norma Técnica Colombiana NTC 2261 (Icontec, 1996) como un “tablero formado por partículas de madera o material lignocelulósico, aglomeradas mediante un proceso de prensado plano y calor en presencia de un adhesivo termoendurecible”. La opción del manejo de los residuos, incentivará otros estudios como por ejemplo los de uso y de competitividad económica, frente a los de madera y sus sustitutos, procurando un mayor beneficio económico al inversionista en procesos industriales de la guadua. Contreras, Owen, Garay & Contreras (1999), realizaron una investigación para la elaboración de tableros aglomerados de partículas de caña brava *Gynerium sagittatum*, con diferentes porcentajes de resinosidad. El presente trabajo experimenta con la elaboración de tableros de partículas aglomeradas de guadua, partiendo de la misma construcción del tablero, y realizando once pruebas físico-mecánicas establecidas por el Icontec, en procura de establecer la combinación adecuada para elaborar un tablero de guadua. Los resultados obtenidos son información primaria para comparar con investigaciones similares, en cuanto a metodologías y resultados.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

El trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de maderas de la facultad de Ingeniería Forestal, en la Universidad del Tolima (Ibagué-Colombia), en donde se cuenta con los equipos necesarios para la realización de investigaciones en el área de la ingeniería de la madera.

2.2 Análisis de datos

Para el trabajo se utilizaron residuos de *Guadua angustifolia*, en forma de aserrín y de tamaño irregular, que posteriormente fueron seleccionados con tres zarandas (malla metálica electrosoldada) de áreas 4 mm²; 5,42 mm² y 11,77 mm² respectivamente. Como aglutinante se empleó cola líquida (urea-formaldehído), catalizador (sulfato de amonio) y agua. Para los tableros se emplearon moldes de 40 cm de lado por 7 cm de altura, hechos de lámina galvanizada de 1,21mm de espesor; dos láminas de igual material de 39 cm x 39 cm una de éstas con 25 orificios de 9,57 mm de diámetro y dos láminas de hierro de 6 mm de espesor y con 25 orificios de 9,57 mm de diámetro. La aplicación del pegamento se hizo con pistola a 2,81 kg/cm². El prensado se hizo con la máquina universal de ensayos, y se sostuvo con 4 prensas manuales. Para el proceso de fraguado se utilizó un horno TS AR 60 modelo 1694 con capacidad para 0,288 m³ y temperatura de 300 °C, durante tres días y posteriormente ocho días al aire libre.

Se realizaron cuatro tipos de tableros con diferente cantidad y distribución de partículas; y se planteó un diseño experimental en factorial 2x2, como se muestra en el Cuadro 1. Para el análisis de varianza se consideró la probabilidad (p) al 95%.

Cuadro 1. Especificaciones de peso y capas de cuatro tipos de tableros de partículas aglomeradas de *Guadua angustifolia*. Ibagué

| PESO DE PARTÍCULAS EN GRAMOS | CAPAS DE PARTÍCULAS EN CADA TABLERO | TRATAMIENTO |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| 700 | 1 | T.1 |
| 1000 | 1 | T.2 |
| 700 | 3 | T.3 |
| 1000 | 3 | T.4 |

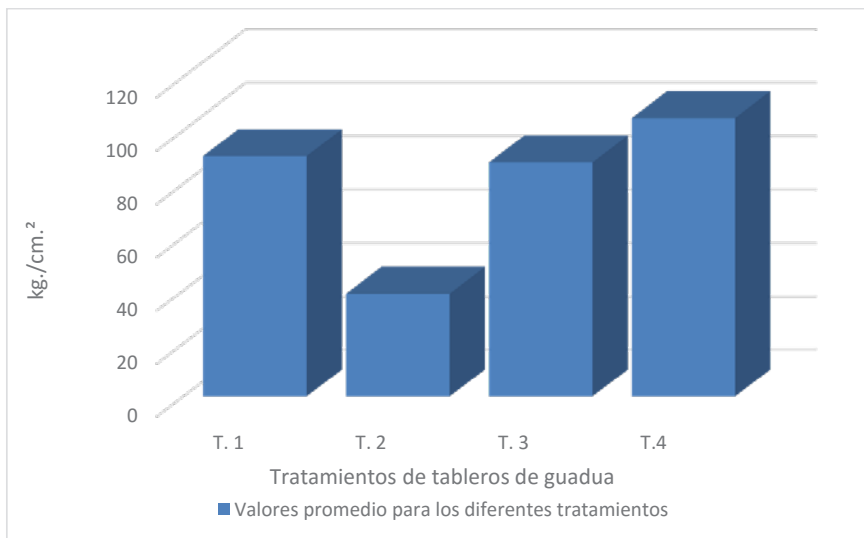
Ya elaborados los tableros, se procedió a dimensionar las probetas necesarias para realizar las pruebas de resistencia físicas y mecánicas, las cuales fueron realizadas de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana 2261.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Prueba de Dureza

Las mediciones de dureza no se hicieron al mismo contenido de humedad, siendo el tablero del tratamiento 2 el que presenta menor valor (Figura 1). La explicación a las diferencias encontradas en esta variable, respecto del tratamiento 2, se atribuye a la baja densidad. No obstante, la diferencia de valores entre los tratamientos no se debería esperar, porque la presión ejercida para la formación de los tableros fue la misma para todos los tratamientos.

Figura 1. Dureza promedio de cuatro tipos de tableros de partículas aglomeradas de *Guadua angustifolia*. Ibagué.

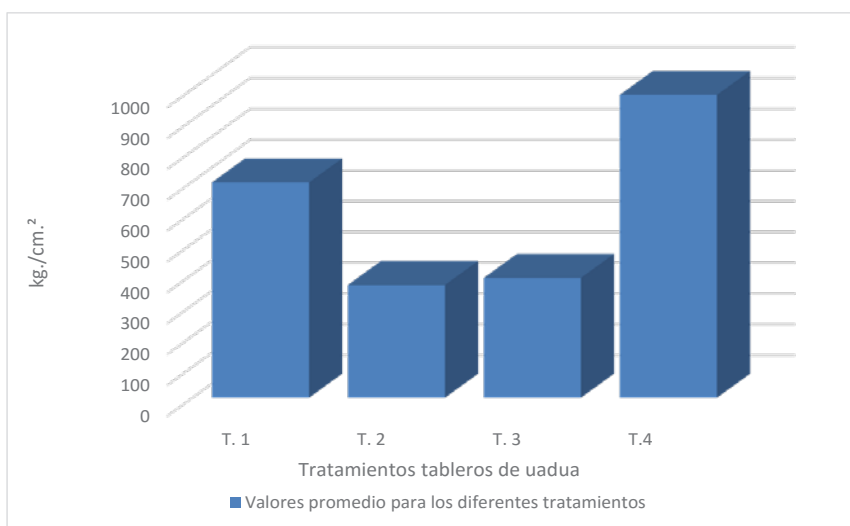


3.2 Prueba de módulo de Elasticidad

Las mediciones para el módulo de elasticidad no se hicieron al mismo contenido de humedad. Entre los tableros elaborados con una capa no hay diferencia significativa, mientras que en los de tres capas si difieren significativamente (Figura 2).

No obstante, el cruce de valores entre los tratamientos hechos en diferentes capas y diferente peso, podría significar que no se deberían esperar dichas diferencias, porque la presión ejercida para la formación de los tableros fue la misma para todos los tratamientos. El uso de resina que fragua al ambiente, en la elaboración de los tableros, ocasionó que tuvieran valores bajos en esta prueba.

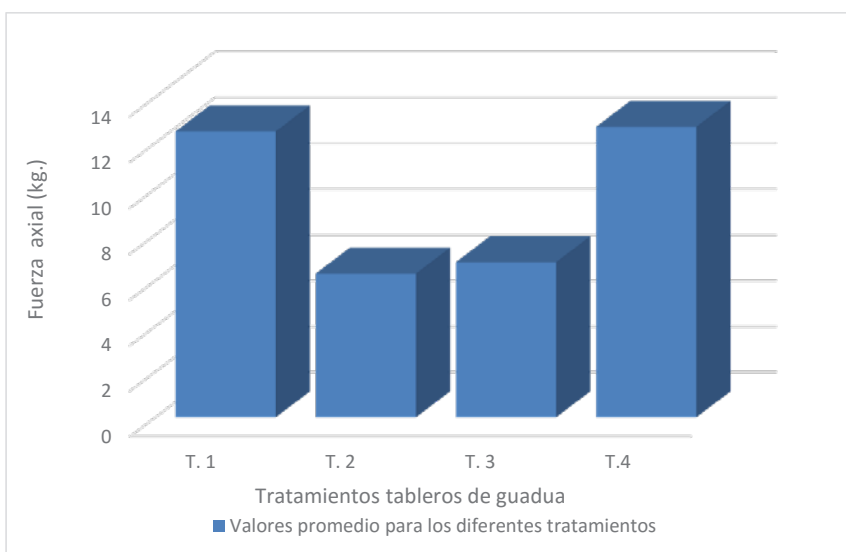
Figura 2. Módulo de elasticidad promedio de cuatro tipos de tableros de partículas aglomeradas de *Guadua angustifolia*. Ibagué.



3.3 Prueba de extracción de tornillo por la cara

La diferencia entre los dos grupos formados por la extracción del tornillo por la cara, se debe a la dureza de cada tablero, así como también al adhesivo utilizado ya que el utilizado en este ensayo no es termofraguante, que son los de mejor resistencia. Es de aclarar que las mediciones de la extracción del tornillo por la cara no se hicieron al mismo contenido de humedad, lo que afecta las demás propiedades físicas y mecánicas. Aunque el contraste en los valores de dureza no es significativo, si influye en la variable analizada. No se esperaría la diferencia de los valores de la extracción del tornillo por la cara ya que la carga aplicada para la elaboración de cada tablero fue la misma (Figura 3).

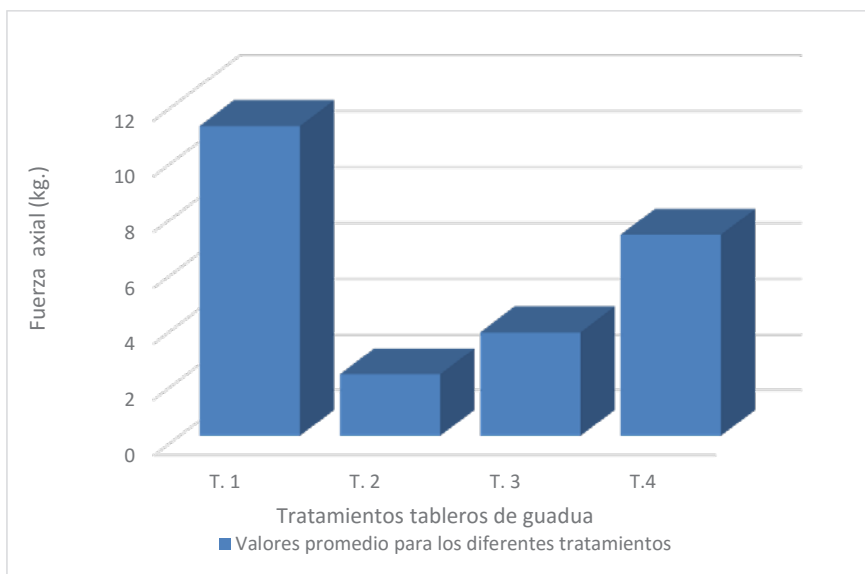
Figura 3. Valores promedio para la extracción del tornillo, por la cara, en cuatro tipos de tableros de partículas aglomeradas de *Guadua angustifolia*. Ibagué.



3.4 Prueba de extracción de tornillo por el canto

La diferencia en la prueba extracción del tornillo por el canto, es altamente significativa en todos los tratamientos y se debe a la dureza de cada tablero, así como también al adhesivo utilizado ya que el utilizado en este ensayo no es termofraguable, que son los de mejor calidad. Pero es de aclarar que las mediciones de la extracción del tornillo por el canto no se hicieron al mismo contenido de humedad, lo que afecta las demás propiedades físicas y mecánicas. Aunque el contraste en los valores de dureza no es significativo, si influye en la variable anteriormente analizada. No se esperaría la diferencia de los valores de la extracción del tornillo por la cara debido a que la carga aplicada para la elaboración de cada tablero fue la misma (Figura 4).

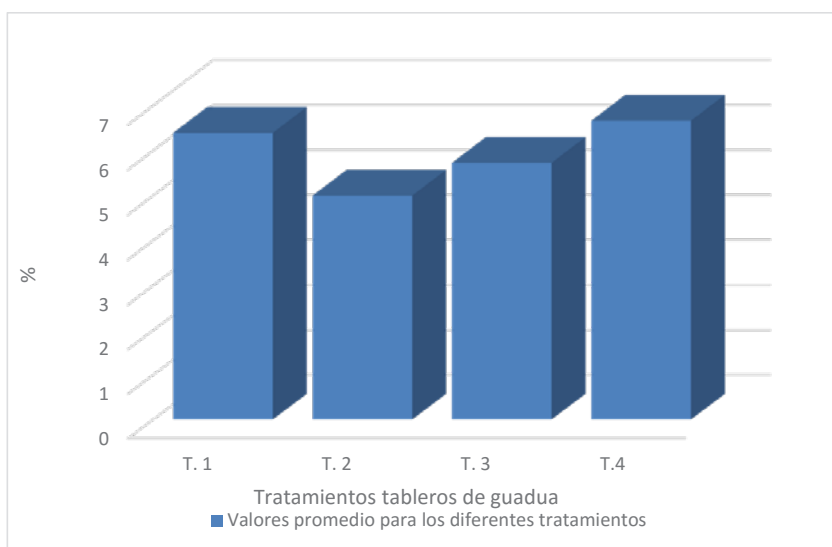
Figura 4. Valores promedio para la extracción del tornillo, por el canto, en cuatro tipos de tableros de partículas aglomeradas de *Guadua angustifolia*. Ibagué.



3.5 Prueba de la Variación promedio de volumen en 2 horas sumergidas en agua

En la prueba variación del volumen en dos horas la diferencia no es significativa para ningún tratamiento (Figura 5). Lo cual se puede atribuir a que la carga aplicada en la elaboración de los tableros fue constante para todos los tratamientos. Pero es importante anotar, que los adhesivos y el proceso de encolado utilizados en la elaboración influyen considerablemente en esta variable.

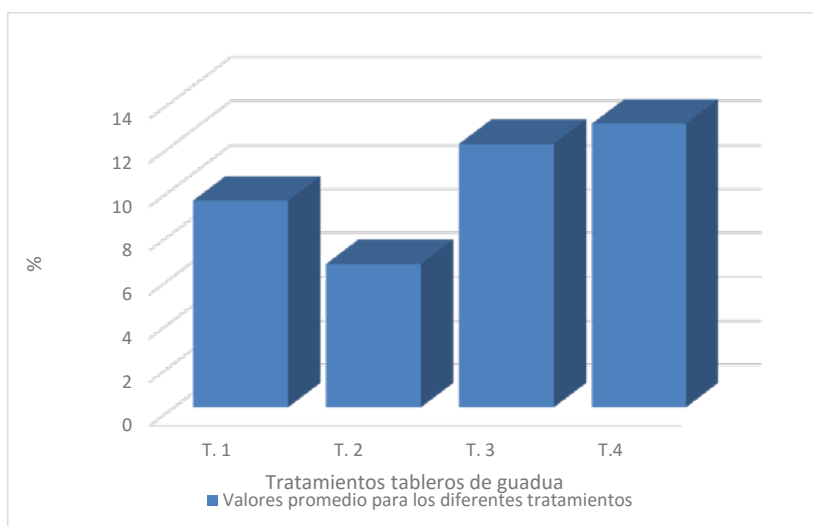
Figura 5. Variación promedio del volumen en 2 horas sumergidos en agua, de cuatro tipos de tableros de partículas aglomeradas de *Guadua angustifolia*. Ibagué.



3.6 Prueba de la variación promedio del volumen en 24 horas sumergidos en agua

Los tableros realizados en una sola capa no difieren significativamente mientras que los tableros realizados en tres capas difieren considerablemente (Figura 6). No obstante, el cruce de valores entre los tratamientos hechos en diferentes capas y diferente peso, podría significar que no se deberían esperar dichas diferencias, porque la presión ejercida para la formación de los tableros fue la misma para todos los tratamientos. Es importante anotar, que los adhesivos y el proceso de encolado utilizados en la elaboración influyen considerablemente en esta variable. Así mismo es de aclarar que las mediciones de la variación del volumen en 24 horas no se hicieron al mismo contenido de humedad, lo que afecta las demás propiedades físicas y mecánicas.

Figura 6. Variación promedio del volumen en 24 horas sumergidos en agua, de cuatro tipos de tableros de partículas aglomeradas de *Guadua angustifolia*. Ibagué.



3.7 Pruebas físicas y mecánica

En el Cuadro 2, se muestran algunos valores de los resultados, de las pruebas físicas y mecánicas, obtenidos en el presente trabajo de investigación. Se escogieron estos valores para poder hacer un análisis comparativo con un producto similar, como lo son los tableros elaborados con caña brava. Es importante acotar que la comparación hecha con los tableros de caña brava, está definida para tableros realizados con diferencia en tratamientos de resinosidad, y no en peso de partículas y número de capas.

Cuadro 2. Comparación de resultados de las pruebas de resistencia de cuatro tipos de tableros de partículas aglomeradas de *Guadua angustifolia* con los tableros de caña brava de resinosidad al 10 y al 13%. Ibagué

| PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICA | Tableros Partículas Aglomeradas de <i>Guadua angustifolia</i> | | | | Tableros de <i>Gynerium sagittatum</i> | |
|---|--|----------|---------|----------|---|--------|
| | 1 CAPA | | 3 CAPAS | | RESINOSIDAD | |
| | 700 gr. | 1000 gr. | 700 gr. | 1000 gr. | 10% | 13% |
| C.H (%) | 10,04 | 10,67 | 6,26 | 5,15 | 6,19 | 6,46 |
| Densidad (gr./cm. ³) | 0,454 | 0,380 | 0,377 | 0,470 | 0,678 | 0,684 |
| Variación de Espesor en 2 H (%) | 5,76 | 3,78 | 4,21 | 4,60 | 9,52 | 8,5 |
| Variación de Espesor En 24 H (%) | 7,89 | 4,82 | 9,71 | 10,01 | 17,11 | 14,84 |
| Resistencia a la Flexión (Kg./cm. ²) | 10,88 | 7,24 | 6,89 | 16,11 | 155,72 | 181,13 |

En el contenido de humedad se observa que los cuatro tratamientos difieren significativamente, lo que demuestra que las dos variables empleadas en la elaboración de los tableros afectan su contenido de humedad. El valor medio para el tablero de tratamiento 3 es el que se acerca a los valores de los tableros de caña brava. Los valores de los tableros de una capa están elevados, lo que significa que al elaborarlos en una capa uniforme, retienen mayor humedad.

La variable contenido de humedad es importante para determinar las propiedades físicas y mecánicas, ya que según Londoño (2002), conocer el contenido de agua, donde se localiza y cómo se mueve a través de la madera, es indispensable para el uso de la madera, ya que afecta la densidad, la contracción, la resistencia mecánica, la conductibilidad calórica y eléctrica, la durabilidad natural, entre otras.

Las mediciones de densidad no se hicieron al mismo contenido de humedad. Esto dificulta una explicación a las diferencias encontradas en esta variable; no obstante, a pesar que la presión ejercida para la formación de los tableros fue la misma para todos los tratamientos, en el proceso de fraguado se dejó de aplicar presión, y esto produjo una expansión del material prensado, lo que también afecta la densidad.

Como los tableros realizados con guadua son de densidad baja, ocasionada por la independencia del proceso de prensado y el de fraguado, se recomienda que estos dos procesos se realicen al mismo tiempo, para que se logre una mayor compactación de los materiales utilizados y se obtenga un producto más denso.

Se observa que los tableros de guadua tiene menores valores de variación del espesor en 2 horas, comparados con los tableros de caña brava. La diferencia se puede presentar, porque los adhesivos utilizados son de distinto fraguado, y los procesos de encolado difieren considerablemente entre los dos ensayos.

Estos valores nos indican que los tableros de guadua tienden a expandirse menos que los tableros de caña brava, es importante aclarar que esta comparacion solo se hace para tener un punto de referencia, ya que los materiales son distintos.

Los tableros de guadua tiene menores valores de variación del espesor en 24 horas, comparados con los tableros de caña brava. La diferencia se puede presentar, porque los adhesivos utilizados son de distinto fraguado, y los procesos de encolado difieren considerablemente.

Estos valores nos indican que los tableros de guadua tienden a expandirse menos que los tableros de caña brava, es importante aclarar que esta comparacion solo se hace para tener un punto de referencia, ya que los materiales son distintos.

Los valores de resistencia a la flexión de los tableros de guadua son bajos comparados con los tableros de caña brava, ya que tienen menos densidad. La diferencia se atribuye al adhesivo utilizado (fraguable al ambiente) y al proceso de encolado.

4. CONCLUSIONES

Este trabajo de investigación muestra que es posible elaborar tableros de partículas aglomeradas a partir de residuos resultantes en los procesos de transformación de la guadua, obteniendo resultados importantes para los procesos de transformación de un material lignocelulósico no maderable.

Los valores de las pruebas físico-mecánicas no son homogéneos, pudiéndose atribuir esta variación a que la variable contenido de humedad no se estabilizó durante los ensayos de este trabajo de investigación.

Las propiedades físicas y mecánicas (módulo de ruptura y elasticidad, arrancamiento del tornillo por la cara y el canto, y la variación del volumen y el espesor a las 2 y 24 horas), son menores al compararlos con otros estudios de especies similares, y pueden ser atribuibles al proceso del encolado y al adhesivo fraguable al ambiente, utilizados en este trabajo de investigación.

Los tableros de partículas aglomeradas de guadua, elaborados mediante el proceso de este trabajo de investigación, tiene una densidad promedio de 419.55 kg/m^3 , lo que los clasifica como tableros de baja densidad, según la norma ICONTEC (NTC 2291), por ser menores a 500 kg/m^3 . Se podría recomendar que para aumentar la densidad física, es necesario ejercer mayor presión al momento de elaborarlos.

En la resistencia a la flexión, el tablero elaborado en tres capas y 1000 gramos de partículas, resistió hasta 16.11 kg de esfuerzo, y fue el que obtuvo el mayor valor en la prueba, pero que comparado con los tableros realizados con caña brava al 10 y 13 % de resinosidad, corresponden al 10.34 % y 8.9 % respectivamente.

El tablero elaborado mediante en una capa, en el proceso de este trabajo de investigación, es altamente higroscópico porque el espesor de los dos tableros formados en una sola capa de partículas varia, después de estar sumergidos en agua durante 24 horas, en un 4.82% y 10.01%. Estos valores no presentan diferencia significativa entre ellos, mientras que en los dos tableros formados en tres capas si difieren significativamente, pudiéndose atribuir a la diferencia de densidad dentro del mismo tablero.

Los valores del esfuerzo para la extracción de tornillos es de 9.57 kg en la cara y 6.05 kg en el canto. La diferencia de los valores en la prueba de extracción del tornillo por la cara y el canto es significativa, y se podría atribuir a la utilización de adhesivo fraguable al ambiente; también son muy bajos comparados con el mínimo establecido con la norma ICONTEC (NTC 2291), que es de 550 N. (61.12 kg) por la cara y 600 N. (61.22 kg) por el canto.

De acuerdo con la metodología utilizada en este trabajo de investigación, los costos de la elaboración de tableros de partículas aglomeradas a nivel industrial, podrían aumentar significativamente al utilizar resinas fraguables al ambiente.

No obstante que los tableros no cumplen con las normas establecidas en el mercado, el resultado obtenido es importante dentro del trabajo de investigación, porque proporciona información importante para trabajos posteriores en el área de tecnología de la madera.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Contreras, W. M., Owen, M. E., Garay D. A. y Contreras Y. M. (1999). Elaboración de tableros aglomerados de partículas de caña brava (*Gynerium sagittatum*) y adhesivo urea–formaldehído. Mérida, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*. Recuperado el 07 de septiembre de 2007 de: http://www.saber.ula.ve/cgiwin/be_alex.exe?Documento=T016300000162/1&term_termino_2=e:/alexandr/db/ssaber/Edocs/pubelectronicas/revista-forestal/vol43-2/articulo43_2_1.pdf

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (1996). NTC 2261: Madera. *Tableros de partículas aglomeradas para aplicaciones interiores no estructurales*. Bogotá: ICONTEC, I.C.S 79.060

Londoño-Arango, A. (2002). Guía para el curso de ingeniería de la madera: *Propiedades físicas de la madera*. Ibagué: Universidad del Tolima.

| Referencia | Fecha de recepción | Fecha de aprobación |
|---|---------------------------|---------------------------|
| Alberto Londoño-Arango, Luis Alfredo Lozano Botache, Cesar Augusto Gómez-Maluque & Luis Fernando Pórtela. Elaboración de tableros de partículas aglomeradas a partir de los residuos de Guadua (<i>Guadua angustifolia</i> KUNTH) resultado de los procesos de transformación. Revista Tumbaga (2014), 9 vol. I. | Día/mes/año 24/11/2012 | Día/mes/año 28/04/2013 |