

# RENDIMIENTO Y CALIDAD DIMENSIONAL DEL *Samanea saman* JACQ EN EL ASERRÍO DE SAN JUSTO EMPRESA AGROFORESTAL GUANTÁNAMO

Autores: Ing. Ibian Leyva Miguel<sup>1</sup>, Dr. C. Daniel Álvarez Lazo<sup>2</sup>, Ing. Yoilan La O Mundis<sup>3</sup>, Ing. Yemicer Segurado Gil<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Guantánamo, <sup>2</sup>Universidad de Pinar del Río <sup>3</sup>Empresa Agroforestal sierra Cristal. Cuba. [ibian@cug.co.cu](mailto:ibian@cug.co.cu).

## Resumen

El siguiente trabajo se realizó en el aserrío San Justo perteneciente a la Empresa Agroforestal Guantánamo entre los meses de septiembre del 2015 a abril del 2016, con el objetivo de la evaluar el rendimiento y calidad dimensional de la madera de *Samanea saman* Jacq (Algarrobo del País). Para ello se procedió a la toma de datos de la madera antes y después de aserrar para luego poder calcular los volúmenes de madera en bolo y aserrada para determinar el rendimiento. Se analizó la calidad de la materia prima y se determinó la calidad dimensional de la madera aserrada. Se obtuvo un rendimiento de 52,8 %, donde influyó la calidad de la materia prima, los diámetros finos y gruesos, la longitud y la conicidad. La madera se corta en los surtidos de 25 y 50 mm por encima de las dimensiones preestablecidas aunque no lo suficiente para compensar las pérdidas de volumen debido a la contracción y a la variación de aserrado que ocurren entre y dentro las piezas, por lo que se debe tener en cuenta las condiciones técnicas de las maquinarias y la habilidad del personal técnico.

**Palabras claves:** rendimiento, calidad dimensional, surtido y madera aserrada.

## Summary

The following work was carried out in the San Justo sawmill belonging to the Guantnamo Agroforestry company between the months of September 2015 to April 2016, with the objective of evaluating the yield and dimensional quality of wood *Samanea saman* Jacq (Algarrobo del País). To do this, we proceeded to take data from the wood before and after sawing, in order to later calculate the volumes of wood in bolus and sawed to determine the yield. The quality of the raw material was analyzed and the dimensional quality of the sawn wood was determined. A yield of 52,8 % was obtained, where the quality of the raw material, the fine and coarse diameters, the length and the conicity influenced. The wood is cut in the assortments of 25 and 50 mm above the pre-established dimensions, although not enough to compensate for the volume losses due to the contraction and sawing variation that

occurs between and within the pieces, which is why take into account the technical conditions of the machinery and the skill of the technical personnel.

**Keywords:** yield, dimensional quality, assortment and sawn wood.

## **Introducción**

La madera siempre ocupó un lugar destacado dentro de los diversos materiales utilizados por el hombre debido a un amplio espectro de importantes características físicas y mecánicas, su tecnología ha ido evolucionando y han surgido nuevos productos que amplían su campo de aplicación, por lo que se busca mejorar su utilización y aprovechamiento (Álvarez *et al.*, 2013).

A nivel mundial se han implementado diferentes tecnologías que permiten mejorar los indicadores de la eficiencia en la pericia y habilidad del personal técnico del aserradero y en las características de la materia prima, desde las que parten de programas de optimización en los aserraderos, hasta las basadas en la aplicación de prácticas de aserrado, apoyándose fundamentalmente en el análisis de las diferentes variables y la toma de decisiones de aserrado en un corto intervalo de tiempo (Álvarez *et al.*, 2005).

Esta industria de aserrado en Cuba está muy alejada de los resultados de productividad medios mundiales, son muchas las causas que provocan esto, pero sin dudas la inadecuada infraestructura juega un papel predominante (Álvarez *et al.*, 2010).

Egas y Álvarez (2001), plantean que los principales elementos que inciden sobre la eficiencia del proceso de aserrado en la calidad de las trozas son los defectos de la madera que pueden ser debidos tanto a causas naturales durante el crecimiento del árbol, como a los tratamientos a los que se ven sometidos, estos influyen en el rendimiento y en las propiedades de la madera.

Así, el control de calidad hace referencia a un proceso o un conjunto de actividades y técnicas operacionales que se usan para cumplir los requerimientos de calidad (Sundholm, 2015 y Barrera *et al.*, 2016).

En la provincia de Guantánamo los aserríos se caracterizan por la baja eficiencia y calidad de la madera aserrada. Por lo que con este trabajo se pretende determinar el rendimiento y calidad dimensional de la madera aserrada del *Samanea saman Jacq* en el aserrío San Justo, Empresa Agroforestal Guantánamo.

## **Materiales y Métodos**

### **Caracterización del área de trabajo**

Este trabajo se realizó en el aserrío de San Justo Empresa Agroforestal Guantánamo entre los meses de septiembre del 2015 a marzo 2016, ubicado en la avenida de los estudiantes entre 6 y 7 este, el mismo cuenta con 33 trabajadores, de estos 23 vinculados de forma directa a la producción y 10 de forma indirecto. El establecimiento cuenta con: un área de almacenamiento de la madera en bolo y otra para la madera aserrada al aire libre y bajo techo, un carro transportador, un guinche, una sierra de cinta, un péndulo una canteadora.

### **Tamaño de la muestra**

Para determinar el número de trozas necesarias para la materialización de nuestro trabajo se asume la metodología utilizadas por Álvarez et al., (2010) y Leckoundzou (2011); para alcanzar un error de muestreo de 5% y una confiabilidad de 95%, se utilizó la siguiente expresión:

$$N = \frac{t^2 * s^2_x}{E^2}$$

### **Determinación del rendimiento de la madera aserrada**

A partir del volumen de la madera en bolo y el volumen de la madera aserrada se determinó el rendimiento según Egas (1998); Álvarez *et al.* (2010) y Nájera *et al.*, (2013), como se muestra en las siguientes ecuaciones:

$$Vmb = \frac{g_1 + g_o}{2} * h \qquad Vma = \sum_{i=1}^n (a_i * g_i * l_i) \qquad R = \frac{Vma}{Vmb} * 100$$

Donde: Vmb, volumen de la madera en bolo (m<sup>3</sup>); Vma, volumen de la madera aserrada (m<sup>3</sup>); g<sub>1</sub>, área basal en el extremo fino (m<sup>2</sup>); g<sub>o</sub>, área basal en el extremo grueso (m<sup>2</sup>); l, longitud de la troza (m); g<sub>j</sub>, Grosor de la pieza (m); a<sub>j</sub>, Ancho de la pieza (m); l<sub>j</sub>, longitud de la pieza (m) y n, Número de piezas aserradas en una troza; R, rendimiento (%).

### **Característica de la materia prima**

Se caracterizó la materia prima teniendo en cuenta los diámetros en los tres extremos, la longitud y la conicidad como defecto de la madera en bolo por ser la variable que más influye en el rendimiento según Álvarez *et al.* (2013).

### **Conicidad de las troza**

$$C = \frac{(D_2 - D_1)}{L}$$

Donde: C = conicidad (cm/m), D<sub>2</sub> = diámetro mayor de la troza (cm), D<sub>1</sub> = diámetro menor de la troza (cm) y L = longitud de la troza (m).

### **Control dimensional de la madera aserrada**

Siguiendo lo indicado por Denig (1990), Leckoundzou (2011) y Álvarez *et al.* (2010), se tomaron muestras de 100 piezas, 10 en cada jornada de trabajo. En los surtidos de 25 y 50 mm teniendo en cuenta la Norma Ramal 43-17/(1983).

A cada pieza se le tomaron 6 mediciones, tres en cada canto, en forma equidistante a lo largo de las mismas, teniendo el cuidado de establecer una secuencia permanente de las mediciones respecto a la dirección de salida de las piezas de la sierra (Brown, 1986 y Zavala, 1981), con el objetivo de identificar eventuales problemas en los equipos. Las mediciones se realizaron con una cinta en áreas de madera sana, evitando nudos, pudriciones y otros defectos.

Debido a la complejidad y volumen de los cálculos, sobre todo en el cómputo de las variaciones de grosor en el aserrío cuando se dispone de una muestra grande. Se utilizó el software Control versión 5.1 que permite determinar las dimensiones óptimas de aserrío y la variación del grosor (Álvarez *et al.*, 2010). Los resultados obtenidos fueron analizados a partir de las consideraciones hechas por Zavala (1981), Álvarez *et al.* (2005), Barrera *et al.* (2016), Najera *et al.*, (2011) y Najera *et al.*, (2013).

El porcentaje de contracción se determinó según las normas DIN-52-184 citado por Ibáñez *et al.*, (1975), de las dos especies evaluadas y se llevaron a una estufa con el objetivo de determinar la diferencia que existe entre el volumen de la madera húmeda y seca.

$$\beta_{vh} = \frac{V_h - V_o}{V_h}$$

Donde: V<sub>h</sub>: Volumen húmedo, V<sub>o</sub>: Volumen seco y β<sub>vh</sub>: % de contracción.

### **Análisis y Discusión**

#### **Tamaño de la muestra**

El tamaño de la muestra fue de 76 piezas y se trabajó con 100 trozas lo que demuestra que el muestreo realizado es representativo en el área de estudio, con un

error absoluto (Ea) de 5,99 y un error relativo (Er) de 8,98, para un límite de error de un 10 %.

### Determinación del rendimiento

Al determinar el rendimiento del *S. saman Jacq.* en el aserrío de San Justo (Figura 1) se obtuvieron valores del rendimiento que oscilan entre un 15% y un 85%, con valores promedios de 52,8%. La mayor frecuencia del rendimiento está entre 45% y 55%, el mismo varía en las trozas pequeñas y más grandes. Este rendimiento pudo ser mejor pero influyeron algunos factores como por ejemplo: la longitud, conicidad, diagrama de troceado, tipo de sierra, calidad de las trozas y el diámetro. Este último es de gran influencia en el rendimiento según Mesa y Simón (2007), para trozas de diámetros pequeños este es menor pero a medida que la clase diamétrica aumenta los rendimientos aumentan.

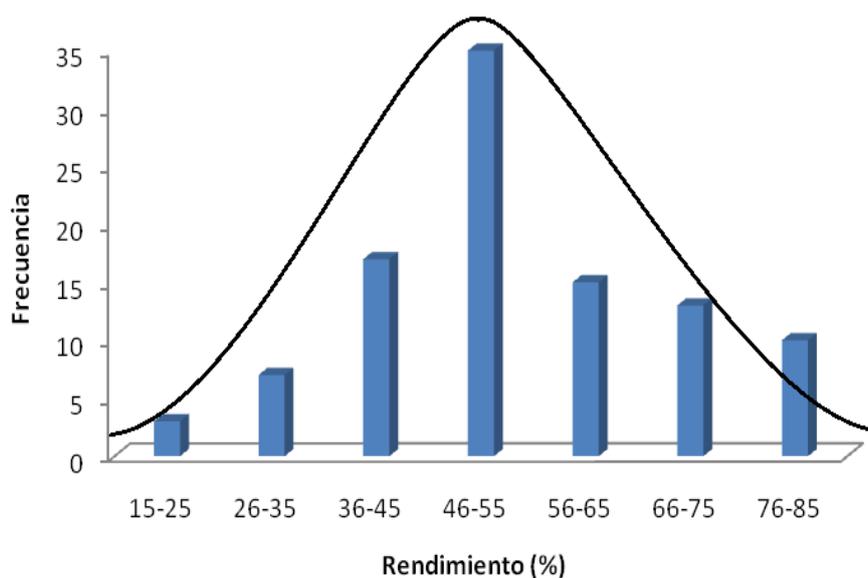


Figura 12. Histograma de frecuencia del rendimiento obtenido de *Samanea saman* Jacq en el aserrío del San Justo.

### Caracterización de la materia prima

En la tabla 1 se observa los máximos, mínimos, media, desviación típica y el error estándar de los diámetros finos (Df) y gruesos (Dg) y longitud (L). El diámetro mínimo es del 29 cm pudiendo llegar alcanzar 118 cm con una longitud media de 2,50 cm.

Tabla 1. Análisis de los diámetros fino (Df), grueso (Dg) y la longitud (L).

Factor	Media ( $\bar{X}$ )	Mínimo	Máximo	Desviación típica ( $S_x$ )	E.E
Dg	75,05	35,00	118,00	25,29	2,53
Df	67,79	29,50	110,00	22,79	2,28
L	2,50	2,10	3,70	0,37	0,24

La dimensión de los bolos son uno de los factores que más afectan el rendimiento en la madera aserrada, ya que a medida que aumenta el diámetro el rendimiento también aumenta, por lo que tiene una influencia positiva, esto coincidió con la opinión de especialistas como Álvarez *et al.* (2004), Benítez (2014) y Leyva *et al.* (2017) en investigaciones realizadas donde indican que el diámetro de la troza es uno de los factores de mayor incidencia en el aserrío; demostrándose que en la medida que el diámetro aumenta también se incrementa el rendimiento de las trozas en el aserrío; por lo tanto el procedimiento de trozas de pequeñas dimensiones implica bajos niveles de rendimiento y menor ganancia en los aserraderos.

### **Análisis de la conicidad**

Este defecto es el más importante que debemos tener en cuenta a la hora de trabajar la madera. De las trozas evaluadas el 45% tienen una conicidad pequeña, el 27% mediana y 28% grande. Con valores máximos de 11,90 cm/m, medios de 2,91 cm/m, desviación típica de 2,95 y un error de 0,295. Estos resultados se van muy por encima de 1,5 cm/m lo permitido en las normas internacionales lo que demuestra que tiene influencia en el rendimiento según Álvarez *et al.* (2013). Se aprovechable la sección correspondiente a la testa más pequeña del bolo, debido a las características de esta especie que proviene de lugares abiertos y cafetales, provocando con esto un aumento de la conicidad.

### **Análisis de la dimensión óptima de la madera aserrada**

#### **Determinación del porcentaje de contracción**

El porcentaje de contracción para el *S. saman Jacq* es pequeña igual a 3,11 resultados similares a los obtenidos por (Ibáñez *et al.*, 2007). Esta es la propiedad física que provoca la disminución del volumen de la madera y esta especie al

contraerse poco producen fendas pequeñas.

### Control dimensional

Para el surtido de 25 mm la madera se debe cortar a 29,94 mm y se corta a 26,73 mm y para el surtido de 50 mm la madera se corta a 51,59 mm y se debe cortar 60,12 mm. En ambos casos la madera se corta por encima de las dimensiones preestablecidas aunque no lo suficiente para compensar las pérdidas de volumen debido a la contracción hasta alcanzar 12% de humedad y a la variación de aserrado. Como se muestra en la tabla 2.

Figura 2. Variaciones de aserrado del *Samanea saman* Jacq del surtido de 25 y 50 mm.

Parámetros/surtidos	25 mm	50 mm
Dimensión media, mm	26,73	51,59
Dimensión óptima, mm	29,94	60,13
Dimensión crítica, mm	25,48	50,95
Desviación estándar dentro de las piezas, mm	1,62	2,42
Desviación estándar entre piezas, mm	2,16	5,01
Desviación estándar Total (Total del proceso)	2,71	5,56

Resultados similares a los obtenidos para el *Pinus sp* según Álvarez *et al.*, (2005) en Pinar del Rio para los (surtidos 13; 50 y 100 cm) en Rigo Fuentes, además a los obtenidos por Leyva *et al.* (2017) para los surtidos 25 y 50 mm para los aserrío de Yateras.

En la tabla anterior se presentan también los resultados relacionados con la variación total de aserrado para los surtidos de 25 y 50 mm en la especie con valores entre 2,71 y 5,56. Resultados similares a los obtenidos por Álvarez *et al.* (2005) para el establecimiento Rigo Fuentes valores que de cierta manera se acerca a los encontrados, pero sin embargo se encuentra por encima de los valores 1,14 – 1,75 mm reportados por Steele *et al.* (1992). La gran variación del corte es resultado de las variaciones dentro y entre las piezas.

La gran variación de grosor dentro de las piezas se debe a no solo a las desviaciones excesivas de la hoja de sierra respecto a su trayectoria normal, sino también a la deficiente alineación de las escuadras del carro, lo que propicia la obtención de todas las piezas interiores (piezas pegadas a las escuadras del carro) con notable defecto de cuña hacia una sola dirección y de piezas exteriores (piezas alejadas de la escuadra del carro) libres o aleatorias afectadas por este defecto

hacia una u otra dirección. Además al carro transportador le faltaba dos escuadras, siendo otra causa por la cual los surtidos no salen uniformes.

La gran variación de grosor que se observa entre piezas, se debe también a las imprecisiones cometidas por el aserrador que en muchas ocasiones proyecta esquemas de cortes que tienden a subdimensionar o a sobredimensionar las piezas interiores.

El control estadístico del proceso de aserrado demuestra que el proceso está fuera de control y por lo tanto, es necesario analizar la calidad de la materia prima, la maquinaria utilizada y la habilidad del operador; coincidiendo con lo expuesto por Young *et al.*, (2007), Barrera *et al.* (2016), Leyva *et al.*, (2017) y Zhofre (2015), en sus investigaciones. Aspectos fundamentales para lograr una mayor eficiencia en la industria forestal donde el uso de modelos matemáticos son herramientas muy valiosas en los aserraderos.

## **Conclusiones**

- 1- Se obtuvo un rendimiento de 52,8%, afectado directamente por los diámetros, la conicidad, curvatura del fuste, es decir, la calidad de la materia prima en general y por la tecnología de aserrado y la manipulación de la madera.
- 2- La madera se corta por encima de las dimensiones preestablecidas aunque no lo suficiente para compensar las pérdidas de volumen debido a la contracción y a la variación de aserrado que ocurren entre y dentro las piezas, por lo que se debe tener en cuenta debido a las condiciones técnicas de las maquinarias y a la habilidad del personal.

## **Bibliografía**

- ÁLVAREZ L., D. et al. Improvement the lumber recovery factor with low environmental impactin Pinar del Río, Cuba. *The International Forestry Review*, 2010, 12 (5), 303p. ISSN 1465- 5489.
- ÁLVAREZ, L. D., BETANCOURT F.; GONZALES, C. I. *Tecnología de la Madera*. La Habana. Cuba: Editorial Félix Varela, 2013.
- ÁLVAREZ, L. D., FERNANDO, E. A. y CUADOR, G. Q. Control de la calidad en los aserraderos. *Revista Baracoa*, 2005, 24 (1), 49.
- ÁLVAREZ, L. D.; PRADES, C.; JÍMENEZ, F. J.; ESTEVEZ. Eficiencia de los

aserraderos. 2004. (Consultado el 12 de octubre 2005). Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos82/influencia-trozas-pinus-sp-rendimiento-madera-cuba/influencia-trozas-pinus-sp-rendimiento-madera-uba2.shtml#ixzz4AQalHyea>.

- BARRERA, B. A. *et al.* Aplicación del proceso de control estadístico para incrementar la calidad de la madera aserrada de *Pinus maestrensis* Bisse en la empresa agroforestal «Gran Piedra», Baconao, Santiago de Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 2016, 4 (1). ISSN: 2310-3469.
- BENÍTEZ O. L. La influencia de la calidad de las trozas sobre eficiencia de los procesos de transformación de las trozas de *Pinus sp.* en la Empresa Forestal Integral Minas. *Memorias del SIMFOR*. Universidad de Pinar del Río. 2014. [Consultado 24 noviembre 2015]. Disponibles en: [www.fhia.org.hn/downloads/informes\\_anuales/ianualfhia.2013-2014.pdf](http://www.fhia.org.hn/downloads/informes_anuales/ianualfhia.2013-2014.pdf).
- BROWN, T. D. *Lumber size control*. Forestry Business. College of Forestry. Oregon State University. 1986. USA.
- DENIG, J. *Control de la calidad en aserraderos de pino del sur*. North Carolina Cooperative Extension Service. 1990.
- EGAS, A, F. *Consideraciones para elevar los rendimientos en aserraderos con sierras de banda*. Tesis inédita para optar por el grado de Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río, Cuba. 1998.
- EGAS, F. A. y ÁLVAREZ, L. D. Factores fundamentales para aumentar el rendimiento volumétrico en los aserraderos de Cuba. *Revista Chapingo*. México. *Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 2001, 7(2),163-168.
- IBÁÑEZ, A. *Informe sobre nueve especies maderables cubanas*. Instituto de Investigaciones Forestales. Ciudad Habana, Cuba: Ministerio de la Agricultura, 1975.
- LECKUNDZOU, A. *Influencia de diferentes variables dendrométricas y calidad de árboles en pie sobre los rendimientos de madera aserrada de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari*. Tesis inédita para optar por el grado de Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río, Cuba. 2008.
- LEYVA M. I., ROJAS R. A. Y SEGURADO G. Y. *Determinación del rendimiento y calidad dimensional de la madera aserrada en aserríos en la*

provincia de Guantánamo. *Revista cubana en Ciencias Forestales CFOREST*. Vol. 5(3). 2017. [Consultado 24 de febrero 2017]. Disponible en: <http://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/212/html>. ISSN: 1996–2452.

- MESA A, SIMÓN D. Aserrío de trozas de diámetros menores. Kurú: *Revista Forestal Costa Rica*. 4(10). 2007.
- NÁJERA, J. A. et al. Rendimiento volumétrico y calidad dimensional de la madera aserrada en aserraderos de «El Salto», Durango. *Revista Mexicana de Ciencias*. 1 (4). 2011. ISSN 2007-1132.
- NÁJERA, J. A.; SÁNCHEZ, J. A. y MÉNDEZ, J. Short communication. Lumber yield and production time in sawmilling of pallets in Durango, México. *Forest Systems*, 2013, 13 (22), 573-577. ISSN 2171-5068.
- NORMA RAMAL 43-17. Clasificación de la madera aserrada. Especies coníferas. La Habana, Cuba: MINAGRI, 1983.
- STEELE, P, H. et al. Direct comparison of processing technology in hardwood and softwood sawmills. In: *Proceedings of Structural Panels and Composites Lumber Symposium*. USA. 1992.
- SUNDHOLM, P. Statistical Process Control for the Sawmill Industry. Tesis de Maestría. Department of Physics. Umea University Sweden 2015.
- YOUNG, T. M. et al. Implementation of a real time statistical process control system in hardwood sawmills. *Forest Production Journal*, 2007, 57(9): 54-62. ISSN: 0015-7473Z.
- ZAVALA, D. Manual para el establecimiento de un sistema de control de la variación de refuerzos en madera aserrada. Serie de apoyo académico. Universidad Autónoma Chapingo. México. 1981.
- ZHOFRE A. M. Importancia del control de la calidad en los procesos de transformación mecánica de la madera. 2015. [Consultado 24 de octubre 2015]. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos89/control-calidad-procesos-transformacion-mecanica-madera/control-calidad-procesos-transformacion-mecanica-madera.shtml#ixzz46r9cFzMS>.