

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



Utility of statistical process control to improve the lumber quality in the agroforestry enterprise Gran Piedra, Baconao, Santiago de Cuba

Revista Cubana de Ciencias Forestales
Año 2016, Volumen 4, número 1

Alexis Barrera Bustamante¹, Daniel Álvarez Lazo², Alberto Peñalver Romero³, Ayessa Leckoundzou⁴, Alexander Ramírez Lara⁵, Andrade Fernando Egas⁶

¹Ing. Forestal. Empresa Agro-Forestal «Gran Piedra», Baconao, Santiago de Cuba, Cuba.

²Dr. en Ciencias Técnicas. Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca Correo electrónico: daniel@upr.edu.cu

³Doctor en Ciencias Forestales. Ekoforest, Guayaquil, Ecuador.
Correo electrónico: ekoforest@hotmail.com

⁴Doctor en Ciencias Forestales. Universidad Marien Nguabí, Congo.

⁵Máster en Ciencias Forestales, Empresa Agro-Forestal Sierra Cristal, Santiago de Cuba, Cuba.

⁶Doctor en Ciencias Forestales. Universidad Eduardo Modlane, Mozambique.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo determinar las dimensiones óptimas de la madera aserrada en dos aserraderos de la Empresa Agroforestal «Gran Piedra», Baconao, mediante el programa Control. Se observa que en los aserraderos existe un sobredimensionamiento generalizado, fundamentalmente en el surtido de 20 mm.; así como una excesiva variación de aserrado. Por lo que para eliminar estas deficiencias es necesario que las acciones correctivas estén dirigidas fundamentalmente a aquellas partes de máquinas responsables con la variación de aserrado, controlando los esquemas de corte seleccionados por el aserrador.

ABSTRACT

The objective of this work is the determination of the optimal dimensions of lumber in two sawmills of the Agroforestry Enterprise Gran Piedra Baconao using the Control software. It is noted that there are widespread sawmills over sizing, mainly in the range of 20 mm. and excessive variation of sawing. So to eliminate these deficiencies is necessary that corrective actions are primarily aimed at those responsible parts of machines with varying sawing, cutting control schemes selected by the sawyer.

Palabras clave: aserrío, madera aserrada, dimensión, variación.

Key words: sawmill, lumber, dimension, variation.

INTRODUCCIÓN

La carencia de existencias maderables, el elevado costo de la materia prima, lo cual es importante para el presupuesto de los aserraderos, y la baja eficiencia de conversión en las industrias del aserrado en Cuba, especialmente en establecimientos de sierra principal de banda, suscitan la necesidad de tomar medidas organizativas y técnicas, relacionadas con el flujo tecnológico de la producción de madera aserrada, además de la implementación y uso de elementos de la investigación de operaciones en dichos establecimientos; para, con ellos, incrementar la productividad y calidad de la madera aserrada en el caso del *Pinusmaestrensis* Bisse, particularmente en la provincia de Santiago de Cuba, donde esta especie es una de las de mayor perspectiva económica (Herrera y Leal, 2012).

En los últimos años, se ha logrado poner en marcha cinco modernos aserríos con una capacidad de 60000 m³/ año, en diferentes provincias del país, que han permitido, además de elevar los rendimientos industriales y la calidad de la madera, aumentar en más de tres veces la productividad del trabajo en la industria. Igualmente, se han instalado siete plantas de secado de madera con una capacidad de 1165 m³ por proceso (Herrero, 2004).

La madera aserrada es el principal producto forestal maderero en Cuba. En la década de los años 80, se importaban como promedio anual 500 000 m³, fundamentalmente de especies coníferas provenientes de la ex Unión Soviética. Hoy, el país produce tres veces menos esa cifra y se importa una pequeña cantidad (alrededor de 15 000 m³) por lo que, en el caso específico de este surtido, como en todos los demás productos, la demanda seguirá siendo superior a la oferta (Herrero, 2004).

El sector forestal está obligado a modernizar y diversificar la industria forestal para garantizar su reproducción ampliada y, además, contribuir con sus aportes al desarrollo de servicios indispensables que constituyen derecho de toda nuestra sociedad como la educación, la salud, seguridad social, deportes, cultura (Herrero, 2004 y Carpio *et al.*, 2011).

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). Esta definición podría implicar que cualquier operación que sirva para mejorar, dirigir o asegurar la calidad podría ser una actividad de control de calidad (Bertrand y Prabhakar, 1990). Básicamente, se podría resumir como todo aquello que significa comprobar que lo realizado se ajusta a lo planificado. Hoy, el aseguramiento de la calidad en pequeñas y medianas empresas es tan imprescindible como la gestión de las finanzas o la de las ventas.

Por lo que el presente trabajo tiene como objetivo determinar las dimensiones óptimas de la madera aserrada en dos aserraderos de la Empresa Agroforestal «Gran Piedra», Baconao, mediante el programa Control.

MATERIAL Y MÉTODO

Análisis del Control de la calidad de la madera aserrada de *Pinusmaestrensis* Bisse en el aserradero permanente "El Brujo" y el aserradero portátil» El Olimpo».

Los trabajos se realizan en los aserraderos «El Brujo» y el «Olimpo», pertenecientes a la Empresa Agroforestal «Gran Piedra», Baconao, ubicada en la provincia de Santiago de Cuba, en el oriente de la isla de Cuba.

Para la realización del análisis pertinente, en cada aserradero, se han tomado 100 piezas aserradas de *Pinusmaestrensis Bisse* con la misma dimensión nominal, teniendo en consideración la metodología utilizada por Egas (1998), Álvarez et al., (2010) y Leckoundzou (2011).

A cada pieza de madera aserrada, 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), con el objetivo de identificar eventuales problemas en los equipos.

Las mediciones se realizan con un pie de rey hasta la precisión de la décima de milímetro, 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, fue necesario encontrar una herramienta ágil y factible para el procesamiento de los datos (Sundholm, 2015). Para ello, se utilizó el software Control versión 5.1 que permite determinar las dimensiones óptimas de aserrío; así como la determinación de la variación en grosor, el cual se basa en la formulación planteada por Brown(1986), para el cálculo de la dimensión óptima del surtido y de otros parámetros que a continuación pasamos a describir:

Cálculo de la dimensión óptima

Para la determinación de la dimensión óptima de corte, a la que debe aserrarse la madera verde para que cumpla con las especificaciones de grosor exigidas por el mercado, se consideran tres tipos de tolerancias de volumen: tolerancia debido a la contracción de la madera, debido al cepillado, y al eliminar las asperezas y el mal dimensionado de las

piezas. La fórmula que se utiliza es la siguiente:

$$D_o = \frac{DF + TC}{(1 - \%C)} + Z * St \quad (1)$$

Donde:

D_o - Dimensión óptima de corte de madera verde, mm.;

DF- Dimensión final, mm.;

TC- Tolerancia por cepillado en ambos lados del surtido, mm.;

%C- Tolerancia por contracción de la madera, %

Z- Factor de dimensión mínima aceptable (adimensional),

St- Variación total de aserrado, mm.

$$\%C = \frac{30\% - C.H_{final} * CP}{30} \quad (2)$$

Donde:

%C Tolerancia por contracción de la madera, %;

C. H_{final} Contenido de humedad final que la madera alcanza como resultado del secado, %; CP- Contracción promedio de la especie para un determinado plano de la madera, %

$$St = \sqrt{Sd^2 + Se^2} \quad (3)$$

Donde:

Sd- desviación estándar del proceso de aserrado dentro de las piezas (mm.);

Se- desviación estándar del proceso de aserrado entre piezas, mm.

$$Sd = \sqrt{S^2} \quad (4)$$

$$Se = \sqrt{s^2 \left(\frac{-}{x}\right) - \frac{Sd^2}{n}} \quad (5)$$

Donde:

- Promedio de las varianzas en grosor

$$S^2 \left(\frac{-}{x}\right)$$

de las piezas - representa la varianza de las medias de los grosores de cada pieza muestreada; n número de mediciones por pieza.

Por otra parte, se debe tener en cuenta la variable Dimensión Crítica (D_c), que está relacionada con la dimensión de la madera verde, si se pudieran producir piezas sin variación de aserrado. La expresión matemática que posibilita determinar esta dimensión es la siguiente:

$$D_c = \frac{DF + TC}{(1 - \% C)}$$

Donde:

D_c - Dimensión Crítica, mm.;

TC- Tolerancia por cepillado en ambos lados del surtido, mm.;

%C- Tolerancia por contracción de la madera, %

Una vez confeccionado el software, los datos de las muestras fueron procesados, a partir del mismo, considerando los resultados obtenidos por Ibáñez (1975); así como las valoraciones de Egas(1998) y Zavala (1981), Najera et al., (2011) y Najera et al., (2013).

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Análisis del control de la calidad de la madera aserrada elaborada en el aserradero permanente «El Brujo» y el aserradero portátil «El Olimpo».

A diferencia de lo encontrado por Zavala (1981), en el aserrado de *Pinus Sp*, en México, en los establecimientos objeto de estudio, existe un sobredimensionamiento generalizado de la madera aserrada.

De acuerdo con los valores de grosor promedio de las piezas muestreadas (Tabla 1), en ningún surtido se corta la madera verde con tolerancias de volumen suficientes para satisfacer las dimensiones finales reglamentadas para el mercado en relación con la dimensión óptima.

Tabla 1. Resultados obtenidos para piezas de 4m. de longitud.

	Aserrío El Brujo	Aserrío El Olimpo
Dimensión óptima (D_o)	22,91	21,61
Dimensión final (DF)	20,00	20,00
Variación de las piezas (S_w)	0,87	0,38
Variación entre piezas (S_b)	0,95	0,45
Variación total del proceso (S_t)	1,29	0,59

Al analizar los mismos resultados de esta tabla 1, se aprecia que el aserradero «El Olimpo» presenta un menor sobredimensionamiento, destacándose que en ambos aserraderos se aprecia una considerable variación de aserrado (Figura 1), y que el proceso de aserrado está fuera de

control, lo que influye negativamente sobre los rendimientos de madera aserrada, según Egas (1998) y Leckoundzou (2011); lo que influye también, de forma negativa, sobre la dimensión de las deformaciones de la madera aserrada (González, 2008).



Fig. 1. Variaciones de aserrado. Aserradero «El Brujo».

En la Figura 2, se aprecia la variación de aserrado para el aserradero «El Olimpo» y en la Figura 3, las dimensiones que caracterizan el aserrado producido.

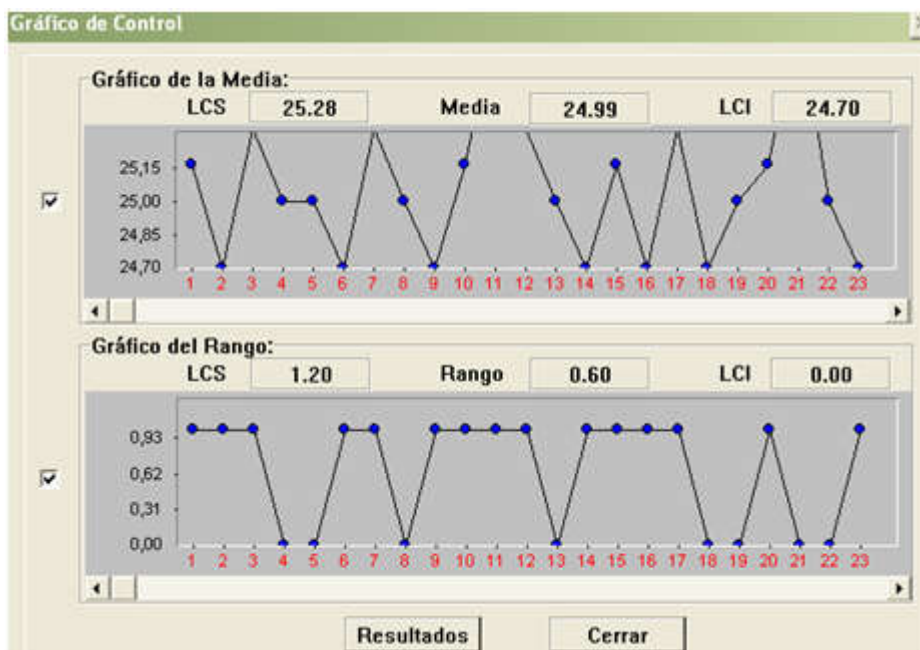


Fig. 2. Variaciones de aserrado en el aserradero «El Olimpo».

Resultados	
Dimensión óptima (Do)	21.6071
Dimensión final (DF)	20.0000
Variación dentro de las piezas (Sw)	0.3859
Variación entre piezas (Sb)	0.4506
Variación total del proceso (St)	0.5932
Tolerancia por cepillado (RC)	0.0000
Tolerancia por contracción (%C)	4.0000
Dimensión crítica (Dc)	20.4918

Cerrar

Fig. 3. Caracterización del procesamiento de la madera aserrada en «El Brujo».

Por otra parte, este programa crea condiciones para una mejor relación hombre- máquina, lo que proporciona comodidad al usuario durante el trabajo, rapidez en el manejo de datos y ficheros; así como en la realización de los cálculos. Todos estos resultados son superiores a los obtenidos por Egos (1998), ya que en este trabajo se construyen figuras relacionadas con el control estadístico del proceso de aserrado (Figuras 1 y 2), que posibilitan exponer que el sistema de aserrado está fuera de control y, por lo tanto, es necesario realizar un análisis del proceso de aserrado teniendo en consideración tanto la materia prima, como la maquinaria utilizada; aspecto coincidente con lo expuesto por Young *et al.*, (2007); Ayessa *et al.*, (2010) y Amoah (2011), en sus investigaciones.

El análisis de los gráficos de control obtenidos en este trabajo constituye un paso de avance en el análisis del control de la calidad en los aserraderos, elementos que también han sido expuestos en los trabajos realizados por Álvarez, *et al.*, (2010); y Ayessa *et al.*, (2010).

CONCLUSIONES

Se ha logrado definir que el proceso de aserrado en los establecimientos «El Olimpo» y «El Brujo», está fuera de control y, por lo tanto, es necesario realizar un análisis del proceso de transformación mecánica teniendo en consideración tanto, la materia prima, como la maquinaria utilizada.

En los aserraderos objeto de estudio, se aprecia que existe un sobredimensionamiento generalizado de la madera aserrada; por lo que las piezas aserradas no satisfacen las dimensiones finales reglamentadas para el mercado en relación con la dimensión óptima.

El software Control constituye un paso de avance en el análisis del control de la calidad en los aserraderos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ LAZO, D.; ESTÉVEZ VALDÉS, I.; DOMÍNGUEZ GOIZUETA, A.; GARCÍA, O.; ALAEJOS GUTIÉRREZ, J.; RODRÍGUEZ, J. C. Improvement the lumber recovery factor with low environmental impact in Pinar del Río, Cuba. *The International Forestry Review*, 2010, 12 (5), v. 12, n.5, p. 303. ISSN 1465-5489
- AMOAH, M. Assessment of raw material utilization efficiency of the forest-wood chain as influenced by the forest sector reform in Ghana. Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements of the degree Doctor of the Faculty of Forest and Environmental Sciences, Albert Ludwigs Universität Freiburg im Breisgau, Germany. 2011.
- AYESA, L.; ÁLVAREZ LAZO, D.; ESTÉVEZ VALDÉS, I.; CHÁVEZ, P.; CRUZ, I.; ALAEJOS GUTIÉRREZ, J. Transformación mecánica de la madera con bajo impacto ambiental. *Revista Forestal Baracoa*. 2010. No. Especial, 29. ISSN 2078-7235
- BERTRAND, L.; PRABHAKAR M. Control de calidad. Teoría y aplicaciones. Ed. Díaz de Santos S.A. Madrid. 1990.
- BROWN, J. Y BETHEL, A. Industria del aserrío. Editorial Limuza. México. 1976.
- BROWN, T. D. Lumber size control. *Forestry Business*. College of Forestry. Oregon State University. USA. 1986.
- CARPIO, C.; HERRERO, J. A.; GARCÍA, J. M.; GILBERT, G.; MAGELLA, L.; NÚÑEZ, A.; POIRTIER, J.; RODRÍGUEZ, E.; ÁLVAREZ, M. D. Diagnóstico de la industria forestal en Cuba. Principales resultados del proyecto Desarrollo del Sector Forestal en Cuba. Proyecto Cuba-Canadá: Desarrollo del Sector Forestal en Cuba. Dirección Nacional Forestal. Ministerio de la Agricultura. Ciudad de La Habana, Cuba. 2011.
- EGAS, A. F. Consideraciones para elevar los rendimientos en aserraderos con sierras de banda. Tesis inédita por el grado de Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río, Cuba. 1998. 100 p.
- GONZÁLEZ, I. Análisis de las deformaciones de la madera aserrada, a partir de las variaciones del contenido de humedad. Tesis inédita para optar por el grado de Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río, Cuba. 2008. 100 p.
- IBÁÑEZ, A. Informe sobre nueve especies maderables cubanas. Instituto de Investigaciones Forestales. Ministerio de la Agricultura. Ciudad Habana. Cuba. 1975.
- INOUE, R.; GARCÍA I.; ALDANA, E.; SALAZAR, C. Informatización del inventario forestal (Invenfor). *Revista Forestal Baracoa* 2010, 29 (1), 3-11. ISSN 2078-7235
- HERRERA MEDINA, J. F.; LEAL PULIDO, R. O. generación de patrones de corte, a partir de la programación matemática para la planificación táctica-operativa de aserríos madereros. *Revista Colombia Forestal*, 2012, 15 (2), 227-245. ISSN 0120-0739
- HERRERA MEDINA, J. F.; BARRIOS, A.; LÓPEZ, A. M.; NIETO, V. Generación de patrones de corte óptimos para árboles, a partir de productos demandados en plantaciones comerciales. *Revista Colombia Forestal*, 2015, 18 (2), 193-206. ISSN 0120-0739
- Leckoundzou; 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. 100 p.
- NÁJERA, J. A.; AGUIRRE, O.; TREVIÑO, J.; JIMÉNEZ, J.; JURADO, R.; CORRAL, J. J.; VARGAS, B. Rendimiento volumétrico y calidad dimensional de la madera aserrada en aserraderos de «El Salto», Durango. *Revista Mexicana de Ciencias* 2011, 1 (4) México mar./abr. ISSN 2007-1132
- NAJERA, J. A.; SÁNCHEZ, J. A.; 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
- SUNDHOLM, P. Statistical Process Control for the Sawmill Industry. Tesis de Maestría inédita. Department of Physics Umea University Sweden 2015.
 - YOUNG, T.M.; BOND, B. H. WIEDENBECK, J. Implementation of a real time statistical process control system in hardwood saw mills *Forest Production Journal*. 2007, 57(9):54-62. ISSN: 0015-7473
 - ZAVALA, D. Analysis of the sawmilling practices in the State of Durango, Mexico. Master Thesis'. British Columbia University. Vancouver, B. C. Canada. 1981.

Recibido: 04 de febrero del 2016.

Aceptado: 05 de julio de 2016.

Alexis Barrera Bustamante. Ing. Forestal. Empresa Agro-Forestal «Gran Piedra», Baconao, Santiago de Cuba, Cuba.