



CAMBIOS TECNOLÓGICOS EN LA PRODUCCIÓN DE ENVASES AGRÍCOLAS EN LA EMPRESA AGROFORESTAL MINAS DE MATAHAMBRE

TECHNOLOGICAL CHANGES IN THE PRODUCTION OF AGRICULTURAL PACKAGING AT THE MINAS DE MATAHAMBRE AGROFORESTRY COMPANY

JUAN M. GARCÍA-DELGADO*, PEDRO P. HENRY-TORRIENTE, CARLOS J. SOSA-SUÁREZ, DIGNA VELÁZQUEZ-VIERA, JOSÉ L. FIGUEREDO-FERNÁNDEZ

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, La Habana, Cuba.

Autor para la correspondencia: jmgarcia@forestales.co.cu

RESUMEN

La modernización tecnológica en la producción de envases agrícolas es clave para mejorar la eficiencia y rentabilidad en la industria forestal. Este estudio tuvo como objetivo recomendar una tecnología más sencilla y económica para el aserrado de madera de pequeñas dimensiones en la Empresa Agroforestal Minas de Matahambre. Se compararon dos líneas de producción: la actual, basada en sierras de banda doble y una canteadora-reaserradora-múltiple, y una propuesta que emplea sierras circulares enfrentadas. Mediante metodologías estandarizadas (Vignote & Martínez, 2006; García, 1984), se calcularon la productividad, costos unitarios y eficiencia de ambas tecnologías. Los resultados mostraron que la propuesta redujo los costos directos unitarios en un 5% (CUP) y 39% (CUC), con una producción anual estimada de 5500 m³. Se concluyó que la tecnología de sierras circulares es más rentable para envases agrícolas, aunque se recomendó mantener la línea existente para productos de mayor valor y optimizar el proceso mediante clasificación previa de trozas (8-16 cm de diámetro).

Palabras clave: rentabilidad, clasificación, trozas, eficiencia, costos

ABSTRACT

Technological modernization in the production of agricultural packaging is key to improving efficiency and profitability in the forestry industry. This study aimed to recommend a simpler and more economical technology for small-scale timber sawing at the Minas de Matahambre Agroforestry Company. Two production lines were compared: the current one, based on double-band saws and a multiple edger-resaw, and a proposed one using facing circular saws. Using standardized methodologies (Vignote & Martínez, 2006; García, 1984), the productivity, unit costs, and efficiency of both technologies were calculated. The results showed that the proposed technology reduced direct unit costs by 5% (CUP) and 39% (CUC), with an estimated annual production of 5,500 m³. It was concluded that circular saw technology is more cost-effective for agricultural packaging, although it was recommended to maintain the existing line for higher-value products and optimize the process by pre-sorting logs (8-16 cm in diameter).

Keywords: profitability, sorting, logs, efficiency, costs

INTRODUCCION

La Empresa Agroforestal de Minas de Matahambre se localiza en el norte de la provincia de Pinar del Río, específicamente en el municipio Minas-Santa Lucía. Durante la década de 1980, esta empresa recibió importantes inversiones destinadas al desarrollo de la industria forestal, las cuales incluyeron el aprovechamiento de recursos maderables y la implementación de tecnologías de aserrado.

Todos los equipos utilizados en ese período provenían de la antigua Unión Soviética.

Después de más de dos décadas de operación, se reemplazó la línea principal de aserrado, basada en sierras alternativas, por una tecnología de origen español. Esta nueva línea está compuesta por una sierra de banda doble y una canteadora-reaserradora-múltiple, que aún se mantiene en funcionamiento. Se destaca por su elevada productividad y por la buena calidad de la madera aserrada que produce.

Recibido: 19/12/2020

Aceptado: 28/12/2020

Conflictos de interés: Los autores declaran no existir conflictos de intereses.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



En el año 2006, se incorporó otra línea de aserrado, también de procedencia española, diseñada para el procesamiento de madera de pequeñas dimensiones. Esta línea cuenta con dos equipos equipados con sierras de banda y un tercer equipo que incluye una canteadora-reaserradora-múltiple. Actualmente, se utiliza para la producción de madera aserrada destinada a la fabricación de módulos de paletas de intercambio y cajas de acopio.

La selección de las máquinas en este taller depende directamente del tipo de producto que se elabora (ONU, 1981). Debido a los resultados económicos que genera, se considera que esta línea de aserrado presenta un alto nivel de complejidad. Por esta razón, el objetivo del presente trabajo es recomendar una nueva tecnología más sencilla y menos costosa, orientada al aserrado de madera redonda de pequeñas dimensiones y a la producción de envases.

MATERIALES Y METODOS

Dos líneas de producción de madera aserrada para el procesamiento de trozas de pequeñas dimensiones

En la **figura 1** se muestra la tecnología actual, cuyas características se describen a continuación. La primera etapa consiste en dos sierras de bandas verticales enfrentadas, que realizan dos cortes simultáneos y generan un bloque con dos caras limpias. Las costaneras resultantes de este proceso avanzan hacia un segundo equipo, compuesto por una sierra sencilla de banda horizontal, cuya función es limpiar la costanera y obtener una pieza aserrada útil.

El bloque producido en el primer equipo se traslada a un tercer equipo, que consiste en una sierra circular múltiple. Esta máquina despieza el bloque y produce las piezas aserradas destinadas a paletas y envases. La madera para envases se dirige directamente a una zona de la nave principal, donde se retesta al largo requerido para las piezas finales. El último equipo es una sierra retestadora equipada con tres sierras, la cual corta la pieza en secciones independientes con las dimensiones específicas para paletas.

La línea de aserrado propuesta, representada en la **figura 2**, comparte las mismas características que la línea actual, con

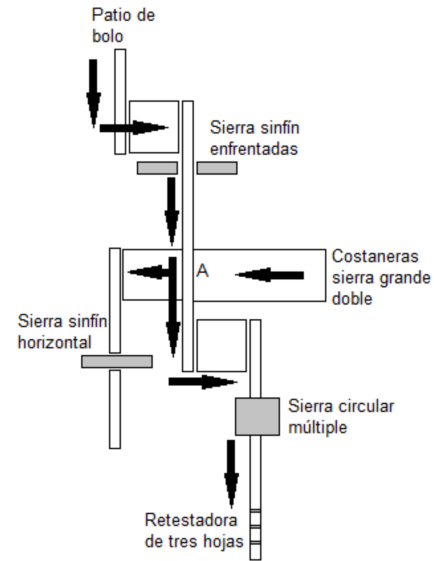


Figura 1. Flujo tecnológico del actual aserradero de pequeñas dimensiones

la única diferencia de que la sierra principal emplea sierras circulares en lugar de sinfin.

Cálculo de la productividad del aserradero

Para elaborar la ficha de costos de cada tipo de aserradero, es esencial determinar la capacidad potencial de producción. Se aplica el método de **Vignote & Martínez (2006)**, que se expresa mediante la fórmula siguiente.

$$P = 8,8 \frac{G(\text{cm}) * H(\text{cm}) * V\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{p(\text{cm})} \quad (1)$$

Donde:

G → Grueso de corte (Hoja + traba)

H → Altura máxima de aserrado

M → Mordida

V → Velocidad periférica

P → Potencia del motor

p → Paso de diente

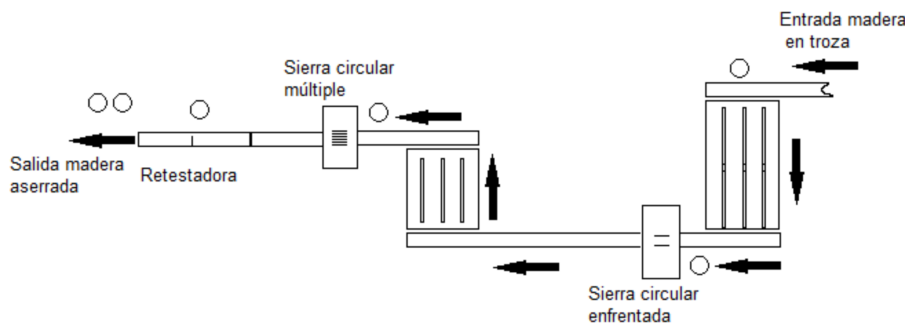


Figura 2. Tecnología de aserrado de madera de pequeñas dimensiones

En este caso se trata de realizar el cálculo inverso, a partir de la potencia del motor y el resto de las variables, se determina el valor de la mordida (M), la cual es igual a:

$$M = \frac{(A * p)}{V} \quad (2)$$

Donde A, es la velocidad de avance o alimentación (m/s) y el resto de las variables son ya conocidas.

Si se despeja A, resulta:

$$A = \frac{M * V}{p} \quad (3)$$

A= Longitud de corte / Tiempo efectivo de trabajo

Una vez obtenido el valor de "A", se calcula la longitud total de corte, lo que permite determinar la productividad de la tecnología en función de las características de la sección transversal de la pieza aserrada promedio.

Este cálculo es fundamental para estimar los costos, ya que el rendimiento de las trozas en madera aserrada define las necesidades de materia prima, el insumo de mayor peso en la estructura de costos. Además, el volumen de producción anual permite obtener los costos unitarios al dividir los costos totales entre la producción.

La altura máxima de corte (H) se determina mediante el método de [García \(1984\)](#), expresado por la fórmula $H = 0.707 dt$, donde dt representa el diámetro en el extremo menor de la troza.

Cálculo de la ficha de costo

Los insumos se determinaron con los índices de consumo tradicionales en estudios de factibilidad para proyectos de inversión forestal ([Rodríguez & García, 2011](#)).

En el caso de los servicios sociales, el consumo eléctrico se calcula a partir de los requerimientos específicos de los motores de cada equipo. El gasto de agua se estimó considerando un consumo de 60 litros diarios por trabajador.

No se incluyeron otros usos de agua, como el consumo industrial (ejemplo: secador artificial de madera aserrada) o la limpieza de instalaciones, ya que estos no aplican para las dos alternativas tecnológicas analizadas. Otro indicador relevante es el mantenimiento de la tecnología, calculado según el método de [Rodríguez & García \(2010\)](#), que establece un porcentaje del precio de los equipos destinado a este fin.

Se evaluaron diversas ofertas de firmas extranjeras, las cuales proporcionaron información clave sobre los precios de las tecnologías y las especificaciones eléctricas de sus componentes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La capacidad productiva de la tecnología de aserrado se determina a partir de la línea de producción actual, la cual se representa en la [figura 1](#). Los parámetros técnicos de la sierra principal enfrentada se obtuvieron mediante mediciones directas en el taller y mediante cálculos. Estos valores incluyen la potencia del motor (29 CV), la anchura de la sierra (120 mm) y el grueso de la hoja (1.07 mm).

La traba se calcula como la mitad del grueso de la hoja, lo que equivale a 0.54 mm por cada lado del diente. Otros parámetros relevantes son el paso de diente (4 cm), el grueso de corte (0.215 cm) y la altura máxima de corte (14 cm). La altura de corte depende del ancho de la tablilla utilizada en el envase, lo que permite que el diámetro de la troza en su extremo menor pueda alcanzar hasta 16 cm.

Los técnicos del aserradero de Pons destacan la necesidad de reinstaurar el sistema de clasificación de madera en troza que existía previamente en el patio de la industria. Este sistema garantizaba que cada línea de producción recibiera trozas con las características adecuadas. Sin esta clasificación, se reduce la eficiencia del proceso.

En la [fórmula \(1\)](#) se despeja la mordida, que es la única variable desconocida, y se obtiene un valor de 0.088 cm para este parámetro. Según [Vignote & Martínez \(2006\)](#), la mordida es un elemento fundamental en la planificación del corte porque influye en la capacidad y calidad del procesado. Su valor, que puede variar desde menos de 0.1 mm hasta más de 0.3 mm, determina si se considera una mordida pequeña o grande.

La velocidad periférica es otro factor crítico para lograr un corte de calidad. En este estudio, se seleccionó un valor de 50 m/s para el acero HSS. Este parámetro, junto con la mordida, incide directamente en la eficiencia del aserrado.

Mediante la [fórmula \(2\)](#) se despejó la velocidad de avance, la cual se determinó en 1099 m/s. Con un tiempo efectivo de trabajo de 7200 segundos (equivalente a la cuarta parte del tiempo total), se calcula que la longitud de cortes diaria es de 7919.65 m. Este resultado permite estimar la productividad de la máquina.

La longitud total multiplicada por la sección transversal de la pieza aserrada tipo ($0.07 * 0.019$) indica que el volumen de madera aserrada producida al día es de 11.286 m³. Dado que existen dos sierras de cinta enfrentadas, esta producción se duplica, lo que resulta en un volumen anual de 5500 m³ (considerando 241 días laborables). Este método de cálculo fue empleado por [Sánchez \(2006\)](#) para comparar distintas tecnologías de aserrado.

El volumen de producción anual también puede aplicarse a la tecnología propuesta de aserrado de madera de pequeñas dimensiones, que utiliza dos sierras circulares enfrentadas en lugar de sierras de cinta. Aunque el mayor grueso de corte de las sierras circulares incrementa las pérdidas en las costaneras ([figura 3](#)), la capacidad productiva se mantiene comparable. Esta adaptación busca optimizar el proceso sin comprometer la eficiencia.

En el primer corte de las sierras enfrentadas, ya sea en la versión de sinfín o circular, se produce un ancho de bloque igual. La diferencia en el grueso de corte de cada tecnología afecta principalmente a la costanera y no al bloque. Cabe destacar que la sierra múltiple del segundo corte es idéntica para ambas tecnologías.

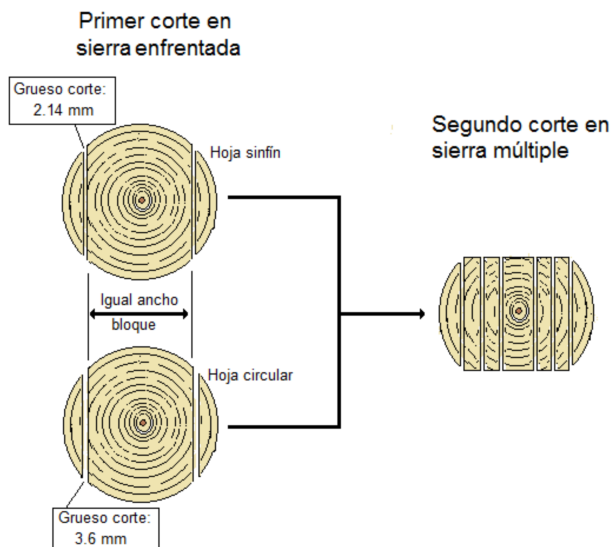


Figura 3. El bloque en las dos alternativas presenta iguales dimensiones del bloque

La nueva propuesta tecnológica para el aserrado de madera de pequeñas dimensiones establece una velocidad de alimentación del equipo cabecera que oscila entre 3 y 25 m/min, según las especificaciones del fabricante. En el segundo equipo (canteadora-reaserradora-múltiple), la velocidad de avance varía de 7,5 a 30 m/min. Esta última puede regularse para coincidir con la gradación del equipo cabecera.

El aserradero actualmente instalado posee una velocidad de alimentación del equipo cabecera comparable a la de la nueva línea propuesta, con un rango de 5-35 m/min. La sierra múltiple tiene una capacidad similar, por lo que un solo equipo de este tipo satisface los requerimientos de procesamiento del equipo cabecera. Esta configuración garantiza la eficiencia del flujo tecnológico.

El volumen anual de producción calculado coincide con los resultados obtenidos por [Guy et al. \(2009\)](#) en su estudio de caso. Estos autores analizaron la Empresa Agroforestal de Macurije, la cual opera un aserradero de pequeñas dimensiones con sierras de cintas enfrentadas. Ambos sistemas muestran volúmenes de producción equivalentes.

La línea de pequeñas dimensiones instalada en el aserradero de Pons se destina actualmente a la producción de madera aserrada para paletas y envases de acopio. Esta industria tiene una gran capacidad operativa y podría ampliar sus funciones sin interrumpir la producción de madera para paletas. Para lograrlo, es necesario implementar un sistema riguroso de clasificación de trozas, con diámetros entre 8 y 16 cm, destinadas a la fabricación de envases agrícolas en la nueva línea propuesta.

Ficha de costo de producción

Los costos calculados tienen un carácter indicativo y no representan valores reales, ya que ambas variantes consideran únicamente los costos directos. En el caso de los insumos, se incluyen aquellos necesarios para el funcionamiento del tractor agrícola y el cargador frontal en el patio de madera en bolo y aserrada. Además, se contemplan los requerimientos del equipamiento tecnológico en la industria y los medios de protección e higiene laboral. El valor del m³ de la madera en bolo fue proporcionado por la empresa forestal.

Para el cálculo de la mano de obra, se empleó la plantilla real de la industria y sus salarios básicos, correspondientes a la tecnología actual. En la propuesta, se tomaron en cuenta los obreros indicados en las ofertas analizadas, se mantuvo la misma escala salarial. Sin embargo, se incorporaron cargos adicionales, como los trabajadores del patio de madera en bolo y aserrada, así como los operadores de equipos de carga.

La determinación de los servicios sociales se basó en la información proporcionada por el electricista de la industria. Este dato incluye la potencia de todos los motores, incluso aquellos de los transportadores de madera aserrada que facilitan el movimiento entre equipos. En la propuesta, las ofertas detallan las características de cada sección de la industria, con especial énfasis en las especificaciones de los motores.

El cálculo del consumo de agua se realizó bajo el mismo criterio para ambas alternativas, mediante un índice de 60 litros diarios por trabajador. Con estos indicadores, junto a otros como los gastos de mantenimiento y la depreciación, se obtuvieron los resultados expuestos en la [Tabla 1](#).

Con un volumen de producción anual de 5500 m³ para ambos aserraderos, este dato permite determinar los costos unitarios correspondientes a cada una de las variantes analizadas. Los cálculos se basan en los parámetros establecidos previamente, los cuales garantizan la precisión de los resultados. Esta información es fundamental para realizar la comparación entre las dos tecnologías.

En la situación actual, los costos unitarios ascienden a 363.00 CUP y 34.92 CUC. Por otro lado, la tecnología propuesta presenta costos unitarios menores, con valores de 346.31 CUP y 21.37 CUC. Esta reducción en los costos refleja una mejora significativa en la eficiencia del proceso ([Tabla 2](#)).

La comparación entre ambas tecnologías se resume en la tabla siguiente. Los resultados demuestran que la diferencia entre ellas favorece claramente a la propuesta. Al considerar un total de 241 días laborables al año, los beneficios económicos anuales se calculan en 84150.00 CUP y 74547.37 CUC, derivados de la reducción de costos.

Tabla 1. Situación actual y propuesta de los costos de producción.

Costos	Situación actual		Propuesta	
	MCUP	MCUC	MCUP	MCUC
Costos de producción				
Materia prima y materiales	1634,219	100,462	1624,591	33,992
Servicios públicos	43,140	8,294	35,275	8,229
Depreciación	55,851	49,965	57,915	50,899
Mantenimiento y reparación equipos	36,638	33,353	26,702	24,408
Mano de obra	226,669	0,000	160,232	0,000
Total	1996,517	192,075	1904,715	117,528

Tabla 2. Costos de producción unitarios.

Costos de producción unitarios		
Variantes	CUP	CUC
Situación actual	363.00	34.92
Tecnología propuesta	346.31	21.37
Diferencia	16.69	13.55

CONCLUSIONES

El sistema de dos sierras circulares enfrentadas demuestra ser más rentable que la tecnología actual de sierras sinfín para la producción de envases agrícolas. Los análisis económicos respaldan su implementación, con reducciones significativas en los costos directos unitarios.

Mediante la metodología aplicada, se estimó una producción anual de 5500 m³ en el aserradero. Este dato permitió calcular el costo directo unitario de la madera aserrada para ambas variantes tecnológicas, lo que evidencia ventajas competitivas en la propuesta.

La nueva tecnología reduce los costos directos unitarios en un 5% para el CUP y en un 39% para el CUC, lo que refuerza su viabilidad financiera y potencial impacto positivo en la eficiencia operativa.

No se recomienda reemplazar por completo la tecnología actual, sino optimizar el proceso mediante: 1) Clasificación previa de la materia prima: dirigir trozas de 8 a 16 cm de diámetro (en el extremo menor) a la nueva línea para envases agrícolas y 2) Mantenimiento de la línea existente: continuar su uso en la fabricación de paletas y productos de mayor valor añadido.

Esta aproximación permitiría maximizar los recursos disponibles y diversificar la producción según las capacidades de cada tecnología.

BIBLIOGRAFIA

- García, J. M. (1984). Mejoramiento del rendimiento de la producción forestal mediante el troceado de los bolos y el aserrado de las trozas de *Pinus cubensis* Griseb y *Pinus tropicalis* Morelet [Tesis en Opción al Grado Científico de Candidato en Ciencias Técnicas]. Instituto Técnico Forestal de Varonezh.
- Guy, G., Levesque, M., García, J., & Carpio, C. (2009). Diagnostico de la industria forestal en Cuba. Proyecto desarrollo del sector forestal en Cuba. Proyecto de Desarrollo Forestal, Proyecto 051.80.10. La Habana, 184.
- ONU. (1981). Technical criteria for the selection of woodworking machines. United Nations.
- Rodríguez, E., & García, J. M. (2010). Estudio de factibilidad para la instalación de un aserradero para madera conífera y foliácea en el municipio Bayamo, Granma. Grupo Empresarial de la Agricultura de Montaña. MINAG.
- Rodríguez, E., & García, J. M. (2011). Estudio de factibilidad para ampliar la capacidad de producción del aserradero "Combate de las Tenerias" en EFI Macurije (p. 55). Instituto de Investigaciones Forestales. MINAG.
- Sánchez, O. (2006). Estudio de la tecnología de aserrado y su influencia en la calidad de la madera. [Tesis en opción al grado de Master in Science]. Universidad de Pinar del Río.
- Vignote, S., & Martínez, I. (2006). Tecnología de la madera 3ra edición. Ediciones Mundi-Prensa.