Revista Cubana de Ciencias Forestales

Volumen 13, número 2; 2025, mayo-agosto

liberciencia
EDITORIAL CIENTÍFICA UNIVERSIDAD DE PINAR DEL RÍO

UNIVERSIDAD DE PINAR DEL RÍO
HERMANOS SAÍZ MONTES DE OCA

CFORES
REVISTA CUBANA DE CIENCIAS FORESTALES

ISSN: 2310-3469 RNPS: 2347
Revista CFORES, mayo-agosto 2025; 13(2): e919

Artículo original

Desarrollo de Varsaw: un software para optimización dimensional en el aserrado

Development of Varsaw: a software for dimensional optimization in sawing

Desenvolvimento do Varsaw: um software para otimização dimensional em serragem

Dayron Viera Quintero[1*], *Viviana Cruz Martínez*[1], *Daniel Alberto Álvarez Lazo*[1], *Omar Fuentes Lorenzo*[1]

[1]Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca" Pinar del Río, Cuba.

*Autor para la correspondencia: d.viera1997@gmail.com

Recibido: 04/06/2025.
Aprobado: 30/07/2025
Publicado: 02/07/2025.

RESUMEN

Los aserraderos cubanos presentan limitaciones tecnológicas para el control del proceso de aserrado, lo que hace necesario recurrir a recursos innovadores. Con el objetivo de darle solución a este problema se desarrolla una herramienta de software para optimizar las dimensiones de tablones de madera aserrados de forma que se reduzcan los desperdicios y desviaciones. Para el desarrollo del software se tuvieron en cuenta varios

aspectos como el cálculo del índice de variación de aserrado y dimensión óptima de corte, el cálculo del volumen total de aserrado y herramientas de programación. Para la validación del software, se utilizaron 150 muestras de tablones de *Pinus caribaea* var. *caribaea* del aserradero Combate las Tenerías en Guane. El índice de variación de aserrado y la dimensión óptima de corte se calcularon manualmente y se contrastaron con los resultados generados por el software, los cuales fueron congruentes con los resultados.

Palabras clave: aserrío, control, dimensión, software, variación.

ABSTRACT

Cuban sawmills present technological limitations for the control of the sawing process, which makes necessary to resort to innovative resources. In order to provide a solution to this problem, a software tool is developed to optimize the dimensionsof sawn wood planks in order to reduce waste and deviations. For the development of the software, several aspects were taken into account, such as the calculation of sawing variation index and the optimal cutting dimension, the calculation of the total sawing volume and programming tools. To validate the software, 150 samples of *Pinus caribaea* var. *caribaea* from the Combate las Tenerías sawmill in Guane were used. The sawing variation index and the optimum cutting dimensions were calculated manually and contrasted with the results generated by the software, being congruent wiith the results.

Keywords: sawmill, control, dimension, software, variation

RESUMO

As serrarias cubanas apresentam limitações tecnológicas para o controle do processo de serragem, necessitando do uso de recursos inovadores. Para solucionar esse problema, foi desenvolvida uma ferramenta de software para otimizar as dimensões das tábuas de madeira serrada, reduzindo desperdícios e desvios. Diversos aspectos foram considerados para o desenvolvimento do software, como o cálculo do índice de variação da serragem e da dimensão ótima de corte, o cálculo do volume total de serragem e as

ferramentas de programação. Para a validação do software, foram utilizadas 150 amostras de tábuas de Pinus caribaea var. caribaea da serraria Combate las Tenerías, em Guane. O índice de variação da serragem e a dimensão ótima de corte foram calculados manualmente e comparados com os resultados gerados pelo software, que foram consistentes com os resultados.

Palavras-chave: serraria, controle, dimensão, software, variação

INTRODUCCIÓN

La madera es un recurso natural renovable de relevancia global que constituye la base de una industria con un valor económico anual superior a los 400 000 millones de dólares, lo que representa aproximadamente el 2% del PIB mundial (FAO, 2022). En un contexto de mercado cada vez más diversificado, la demanda de madera de alta calidad experimenta un crecimiento sostenido, ya que esta incide directamente en la durabilidad, estética y funcionalidad de los productos derivados. Estas características, además de ser determinantes para la competitividad en el sector, pueden justificar la asignación de precios más elevados, reflejando su valor agregado en aplicaciones industriales y comerciales (McDonnell *et al.*, 2024).

En Cuba, la industria maderera constituye un pilar histórico con un rol socioeconómico estratégico, sustentando actividades productivas y contribuyendo al desarrollo local. Aserraderos como "Combate las Tenerías" en Guane, desempeñan una función esencial en el abastecimiento nacional de tablones que pueden ser transformados en productos derivados. (Hernández Hernández *et al.*, 2020). Sin embargo, los aserraderos enfrentan desafíos críticos, entre los que destacan la obsolescencia tecnológica de equipos y los limitados softwares de control de aserrado (Delgado *et al.*, 2020). La industria del aserrío cubana enfrenta problemáticas persistentes asociadas a la variación dimensional en el grosor de los tablones. Esta inconsistencia, derivada de factores operativos y tecnológicos, impacta negativamente la eficiencia productiva, generando desperdicio material, incremento de costos operativos y compromiso de la calidad estandarizada en el producto final.

Existen varias alternativas de softwares internacionalmente para el control de aserrado, entre los más importantes se encuentran:

- WoodEye (www.woodeye.com), el cual es un sistema de escaneo y optimización en tiempo real para líneas de aserrado.
- Autolog Sawing Optimization (www.autolog.com): Solución para la gestión automatizada del proceso de aserrado.
- Springer Microtec (www.springer-microtec.com): Software para la clasificación y optimización de troncos antes del aserrado.

Sin embargo, todos son softwares privativos y de un elevado costo, lo que entorpece su utilización en la producción nacional.

En el ámbito nacional en el 2010, Leckoumdzoun registró un software "Control" para el control de calidad en procesos de aserrado, con autoría atribuida a la Universidad de Pinar del Río (Leckoundzou, 2011). Sin embargo, este software no es funcional en ordenadores modernos, al estar limitado solo al sistema operativo Windows y a una arquitectura de 32 bits.

La presente investigación tiene el objetivo de desarrollar un software que permita la automatización del cálculo del Índice de Variación de Aserrado y la determinación de la dimensión óptima de aserrado, adaptable a distintas especies maderables y configuraciones de aserraderos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo del software requiere la implementación rigurosa de fórmulas matemáticas fundamentales que garantizan su funcionalidad: el cálculo de la dimensión óptima de aserrado, la determinación del Índice de Variación de Aserrado y la estimación del volumen total de madera procesada. En primer lugar, la formulación matemática de ecuaciones para el índice de variación de aserrado y dimensión óptima, derivadas de estudios previos. Asimismo, el proceso de programación traduce estos algoritmos a código ejecutable mediante técnicas de análisis numérico en Python. Finalmente, la

validación experimental contrasta los resultados del software con datos empíricos y con el software de referencia "Control", asegurando confiabilidad operativa.

Este enfoque integrado garantiza que cada funcionalidad cumpla con criterios de precisión técnica, eficiencia industrial y validez estadística, estableciendo un vínculo sólido entre la teoría y las necesidades operativas de los aserraderos cubanos.

Índice de variación de aserrado y dimensión óptima

Para el cálculo de la variación total de aserrado, se emplea la fórmula matemática de (Álvarez Lazo *et al.,* 2020) Ecuación 1:

$$St = \sqrt{\overline{Sd}^2 + Se^2} \quad (1)$$

Donde:

St: Variación total de aserrado (mm)

Sd: Desviación estándar del proceso de aserrado en cada pieza (mm).

$\overline{Sd}$: Media aritmética de la desviación estándar del proceso de aserrado en cada pieza (mm)

Se: Desviación estándar del proceso de aserrado entre las piezas (mm)

$$Se = S^2(\overline{x})$$

$S^2(\overline{x})$ Representa la varianza de las medias de los grosores de cada pieza muestreada.

Para la determinación de la dimensión óptima de aserrado, se utilizó la fórmula planteada por Brown (1986) citado por (Álvarez Lazo *et al.,* 2020 Ecuación 2):

$$D_0 = \frac{DF+TC}{(1-\%C)} + Z \cdot St \quad (2)$$

Donde:

D_0 : Dimensión óptima de corte de madera verde (mm).

DF: Dimensión final (mm).

TC: Tolerancia por cepillado en ambos lados del surtido (mm).

DF: Dimensión final (mm).

$\%C$: Tolerancia por contracción de la madera. Para la tolerancia a la contracción se utiliza el valor de la contracción tangencial.

Z: Factor de dimensión mínima aceptable.

Procedimiento para el cálculo del volumen de madera

Para una muestra de M piezas y n mediciones por pieza, se denotará cada pieza por la letra p y se indizará por la variable i con $i \in \mathbb{N}, i \leq M$, (p_i). Cada pieza p_i tiene ancho a_i, largo l_i y grosor g_i. El grosor también estará indizado por la letra j con $j \in \mathbb{N}, j \leq n$ (g_{ij}) (Figura 1).

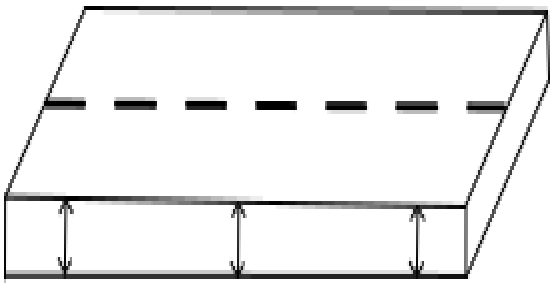

Figura 1. *- Representación de las medidas a un lateral del tablón.*

Fuente*: Elaboración propia*

Se analiza cada pieza p_i como dos subpiezas, una p_{i1}, la cual consta de largo l_i, ancho $\frac{a_i}{2}$ y grosores g_{ij}, con $j \leq 3$, de igual manera la segunda subpieza p_{i2}, consta de largo l_i, ancho $\frac{a_i}{2}$ y grosores g_{ij}, con $3 < j \leq 6$. De esta forma, se está dividiendo para el análisis, la pieza a la mitad del ancho, obteniendo aproximadamente dos piezas cúbicas (Figura 2).

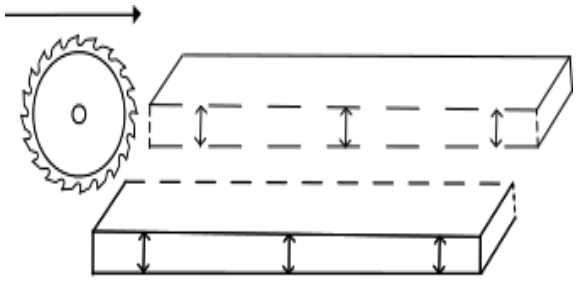

Figura 2. *- Representación del tablón dividido a la mitad del ancho con las medidas de sus laterales.*

Fuente: Elaboración propia

Se llama al área de los cantos de cada una de estas dos subpiezas como A_1 y A_2 respectivamente. Luego el volumen de cada una de estas dos subpiezas se obtendría $V_1 = \frac{a}{2}A_1$ y $V_2 = \frac{a}{2}A_2$. Para el cálculo de cada una de estas áreas al ser alturas variables se utiliza una integración numérica utilizando la fórmula de Newton Cotes (Sauer, 2012) Ecuaciones 3, 4 y 5.

$$A = I(g_{ik}) = \int_0^{n/2} \left\{ g_{ik} + \Delta g_{ik}\binom{s}{1} + \Delta^2 g_{ik}\binom{s}{2} + \cdots + \Delta^{n/2} g_{ik}\binom{s}{n/2} \right\} \frac{l_i}{2} ds \quad (3)$$

Donde:

$$S = 2 \cdot \frac{x - x_0}{l_i} \quad (4)$$

Por lo que se utiliza como formulación para el cálculo del volumen total de aserrado:

$$V_T = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{M} a_i \left(I(g_{i0}) + I(g_{i3}) \right) \quad (5)$$

Desarrollo del software

El software desarrollado fue denominado VarSaw, acrónimo derivado de "Variation" y "Sawing", cuyo objetivo principal es automatizar el cálculo del Índice de Variación de Aserrado y ofrecer una herramienta intuitiva para determinar la dimensión óptima de aserrado, adaptable a distintas especies maderables y configuraciones de aserraderos. Para ello, se integraron las formulaciones previamente establecidas para el cálculo de la variación de aserrado, la dimensión óptima y el volumen total de madera procesada.

El desarrollo de VarSaw incorporó métodos de análisis numérico para garantizar la precisión de los cálculos, mitigando errores asociados a la aritmética de punto flotante durante operaciones computacionales iterativas. Este enfoque asegura la estabilidad numérica y la confiabilidad de los resultados, incluso en escenarios con alta variabilidad dimensional o grandes volúmenes de datos (Panchekha *et al.*, 2015).

El software VarSaw se caracteriza por una interfaz gráfica de usuario intuitiva y funcional, diseñada para facilitar la interacción con operarios y técnicos. Entre sus funcionalidades clave destacan la capacidad de importar datos de mediciones de espesor desde archivos de texto u hojas de cálculo, el cálculo automático de estadísticas descriptivas relevantes, la generación de gráficos de distribución para visualizar la dispersión de las mediciones, y un módulo de optimización que permite explorar diferentes dimensiones de aserrado.

Los datos son cargados desde archivos de extensión *.xlsx* (hojas de cálculo) o archivos de bases de datos de extensión *.csv*. Dichos archivos deberán contener los datos estructurados en formato de tabla, donde cada columna n representa una medida específica por tablón, correspondiendo a las variables o parámetros definidos previamente. Cada fila corresponde a un tablón m individual. Las medidas registradas en la tabla deberán expresarse en milímetros *mm*, garantizando la coherencia y precisión de los datos para su procesamiento.

El desarrollo del software se implementó utilizando el lenguaje de programación *Python* 3.13.2, seleccionado por su versatilidad y escalabilidad. Para la interfaz gráfica se empleó la biblioteca *CustomTkinter*, garantizando compatibilidad y adaptabilidad multiplataforma. La generación de gráficos se gestionó mediante *Matplotlib*, mientras que el procesamiento numérico de datos y los cálculos asociados se implementaron con *NumPy*. Los análisis estadísticos avanzados se apoyaron en *SciPy*, asegurando precisión en métodos de optimización y validación de resultados.

Estudio de caso:

Se seleccionó una muestra de 150 piezas aserradas de *Pinus caribaea*, procesados en el aserradero Combate las Tenerías. Las piezas fueron seleccionadas de forma aleatoria de la producción continua durante seis jornadas de trabajo, tomando aproximadamente un

tablón por cada 20 minutos de producción. El muestreo se realizó antes de cualquier proceso de clasificación o cepillado de acuerdo a (Álvarez Lazo *et al.*, 2020)

Para la medición del espesor, se empleó un método manual estandarizado: en cada tablón, se realizaron seis mediciones, tres por cada lateral, distribuidas equidistantemente a lo largo de la longitud de la pieza. Los puntos de medición se marcaron siguiendo un protocolo de espaciado uniforme, asegurando que cada medición se efectuara perpendicularmente a la superficie del lateral, mediante un instrumento calibrado. En total, se registraron 900 datos de espesor, 150 tablones × 6 mediciones por unidad, constituyendo una base sólida para contrastar la precisión del software frente a métodos tradicionales.

Para determinar el tamaño de la muestra, se aplicó un enfoque de muestreo probabilístico bajo el supuesto de una población infinita, justificado por la escala de producción diaria del aserradero, por lo que se utilizan las fórmulas estadísticas simplificadas para poblaciones grandes, donde la fracción de muestreo es despreciable. Como estimador de la variación dimensional poblacional, se empleó la media aritmética de las mediciones de espesor por tablón. Para la suficiencia de la muestra se utiliza la formulación (Knight, 2000) Ecuación 6:

$$n_0 = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \cdot \sigma}{E}\right)^2 \quad (6)$$

Donde:

n_0: Tamaño de muestra inicial.

$Z_{\alpha/2} = 1.97$: Valor Z crítico correspondiente a un nivel de confianza del 95% y 149 grados de libertad.

σ: Desviación estándar de la población.

$E = 0.5$: Margen de Error.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Software

El software VarSaw está diseñado para calcular el Índice de Variación de Aserrado de cualquier especie maderable, procesando datos de M piezas de madera con n mediciones por lateral en cada pieza. Los resultados obtenidos se almacenan en una base de datos estructurada, permitiendo su recuperación para análisis comparativos, optimizaciones futuras o integración con modelos predictivos. Además, el software incluye un módulo de optimización dimensional que determina la dimensión óptima de aserrado D_0, utilizando como variables independientes del modelo a DF, TC y z, con variable dependiente D_0

Complementariamente, genera un gráfico de dispersión que cuantifica visualmente la magnitud de las desviaciones respecto a la dimensión nominal, facilitando la interpretación técnica de los resultados y la toma de decisiones informadas.

Figura 3. *- Ventana inicial del software.*

Fuente*: Elaboración propia.*

En la Figura 3, se observa la interfaz inicial del software la cual permite al usuario acceder al menú de creación de variación de aserrado o seleccionar una y realizar el análisis.

Figura 4. *- Interfaz de creación de variación de aserrado.*

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4, se observa la ventana de creación de variación de aserrado. En la misma se le puede otorgar un nombre como identificador de la variación, se puede seleccionar o agregar especie y entorno, además permite cargar los datos de la variación desde un archivo local de tipo hoja de cálculo o base de datos en formato csv.

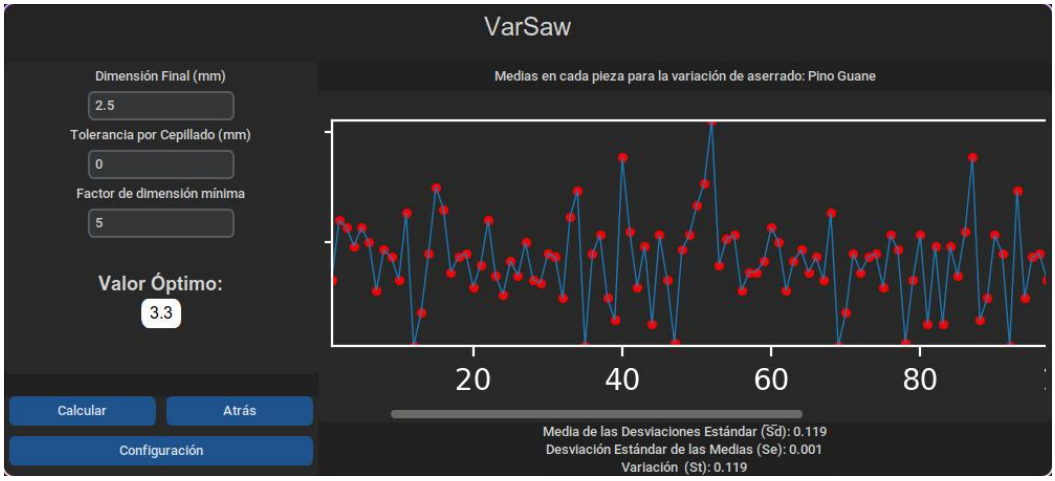

Figura 5. *- Interfaz principal del software.*

Fuente: Elaboración propia

La Figura 5 muestra la interfaz principal del software, en la cual se muestra el análisis de la variación de aserrado, así como un gráfico de las medias de las medidas. Muestra también el valor óptimo para la dimensión de aserrado.

El software satisface plenamente todos los objetivos establecidos con eficacia y eficiencia, garantizando el control requerido mediante una interfaz intuitiva y ergonómicamente diseñada. La herramienta cuenta con un diseño modernizado en comparación con el software anterior "Control", en particular por su simplicidad visual, funcionalidad integral y facilidad de uso.

Características clave:

- Interfaz intuitiva: facilita la navegación y el manejo de los datos, mejorando la experiencia del usuario.
- Modernización significativa: ofrece una apariencia más actualizada en comparación con el software previo, optimizando la legibilidad y accesibilidad.
- Cumplimiento integral de objetivos: el sistema está diseñado para abordar todos los requisitos funcionalmente definidos, asegurando un control preciso y efectivo del proceso.

Este enfoque no solo mejora la usabilidad, sino que también refuerza su relevancia como solución tecnológica avanzada (Figura 6).

Figura 6. *- Ventana principal del software Control.*

Fuente: (Leckoundzou, 2011)

El software VarSaw demuestra eficiencia operativa en el manejo de datos, destacando por su capacidad para importar conjuntos de mediciones desde archivos en múltiples formatos. Esta funcionalidad contrasta significativamente con el sistema de registro manual utilizado por Control, los cuales requieren una entrada secuencial y propensa a errores de cada dato individualmente (Figuras 7 y 8).

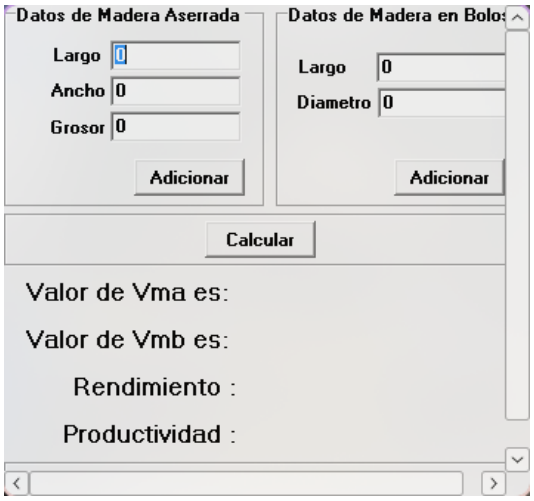

Figura 7. *- Interfaz del software Control para agregar datos.*

Fuente*: (Leckoundzou, 2011)*

Varsaw es un software moderno, capaz de ser ejecutados en ordenadores modernos y con una gran escalabilidad, mientras que Control no es ejecutable en ordenadores modernos de 64 bit.

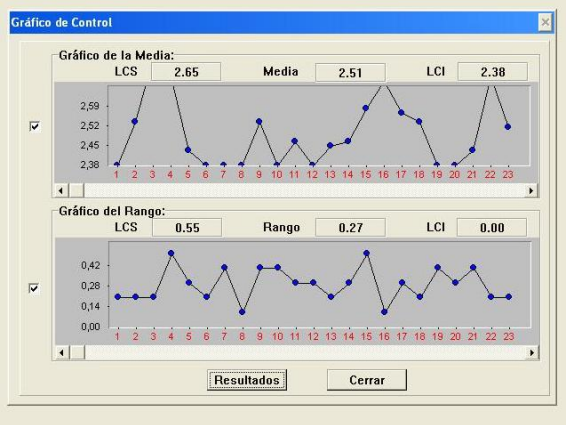

Figura 8. *- Interfaz principal del software Control.*

Fuente: (Leckoundzou, 2011)

Validación de los resultados obtenidos por el software

Con el objetivo de validar los resultados obtenidos por el software se procedió al cálculo de diversos indicadores estadísticos a partir de los datos recolectados en el aserradero Combate las Tenerías. Los resultados obtenidos manualmente se presentan en la Tabla 1

Tabla 1. *- Análisis estadísticos de los datos manual*

Dimensión Nominal	2.5 cm
Dimensión Óptima	3.3 cm
Media aritmética de todas las mediciones	2.4 cm
Máxima media aritmética de las mediciones por pieza	3.05 cm
Mínima media aritmética de las mediciones por pieza	2.03 cm
Máxima desviación estándar de las mediciones por pieza	0.38 cm
Mínima desviación estándar de las mediciones por pieza	0.00 cm
Media aritmética de las desviaciones estándar por pieza	0.11 cm
Desviación estándar de las medias de las mediciones por pieza	0.18 cm

A partir de los datos se realizó el cálculo de la variación total de aserrado para la especie *Pinus caribaea.* Ecuación 7

$$St = \sqrt{\overline{Sd}^2 + Se^2} = \sqrt{0.118^2 + 0.0125^2} = 0.11881717160286984 \quad (7)$$

Los resultados generados por el software VarSaw (Figura 5) demuestran concordancia con los valores obtenidos mediante el cálculo manual de los indicadores clave.

A partir del índice de variación de aserrado obtenido se calcula la dimensión óptima de aserrado para un valor nominal DF de la especie *Pinus caribaea* en las condiciones del aserradero Combate las Tenerías en Guane.

Para la obtención de la dimensión óptima es necesario conocer los valores de, $\%C$, z y St. El valor $\%C$ es el valor de la contracción tangencial de la especie, en porciento. Para *Pinus caribaea* dicho valor es de $\%C = \frac{7.6}{100}$, esto según los estudios de (Ibáñez Drake *et al.*, 2001). Para z se puede emplear el valor de $z = 5\%$ de acuerdo con Zavala (1991) y Najera (2011) citados por (Álvarez Lazo *et al.*, 2020). Por lo que la obtención de la dimensión óptima de aserrado estaría dada por la fórmula Ecuación 8:

$$D_0 = \frac{DF+TC}{1-\frac{7.6}{100}} + 5 \cdot 0.118 \quad (8)$$

Donde se tiene dos variables independientes DF y TC, con una variable dependiente D_0. En el caso abordado la dimensión deseada o nominal es de 2.5 cm, con una tolerancia al cepillado de 0 cm. Obteniendo así una dimensión de corte de Ecuación 9:

$$D_0 = 3.3\ cm \quad (9)$$

Considerando que el valor óptimo para aserrar es de 3.3 cm, y que este valor se encuentra considerablemente por encima de la dimensión nominal de 2.5 cm, se infiere que existe un desajuste entre las capacidades de las maquinarias y el proceso de aserrado.

El cálculo del volumen manualmente generó un resultado aproximado de 18185 cm^3, con una notable variabilidad en el volumen entre las piezas (Figuras 9 y 10).

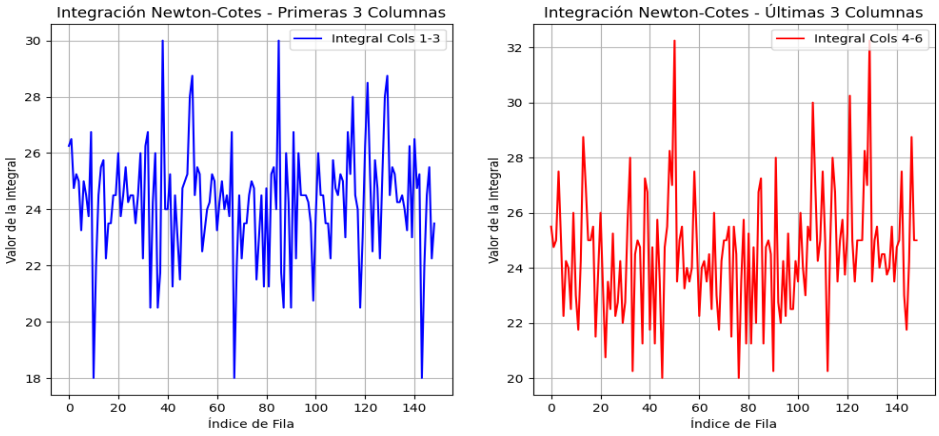

Figura 9. *Integraciones numéricas por piezas.*

Fuente*: Elaboración propia*

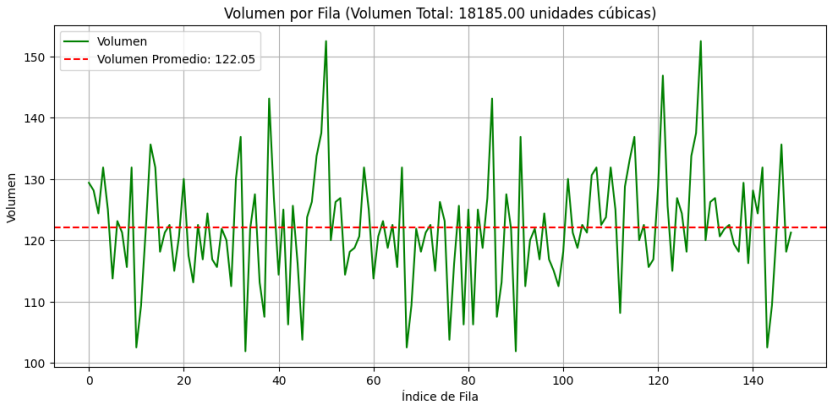

Figura 10. *- Variación del volumen por cada pieza.*

Fuente*: Elaboración propia*

El volumen coincide con el obtenido por el software, esta correspondencia valida la precisión del software y confirma su fiabilidad para reemplazar métodos tradicionales de análisis dimensional en condiciones operativas reales.

Es una herramienta intuitiva que agiliza la toma de decisiones y facilita la adopción de protocolos de calidad adaptados a las capacidades tecnológicas y operativas de los aserraderos. Es una herramienta funcional para realizar controles de calidad.

CONCLUSIONES

VarSaw optimiza las dimensiones de aserrado para obtener tablones con las menores desviaciones posibles y se crea una fórmula para el cálculo del volumen total de aserrado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVAREZ LAZO, D., DOMINGOS SEBASTIAO, J., NAZARE BUANGA LELO, F., SILVA FUENTES, S., & ESTEVES VALDÉS, I. 2020. Análisis de la calidad del aserrado de maderas tropicales en Cabinda, Angola. Revista Cubana de Ciencias Forestales, [en línea] vol. 8 no. 1, pp. 34-53. Disponible en

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692020000100034

DELGADO, LVÁN R., PEÑA, S.V., SÁNCHEZ, M.A.L. y ACOSTA, F.C., 2020. ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE SERRÍN DE Pinus caribaea Moralet EN EL OCCIDENTE DE CUBA. Revista Mexicana de Ciencias Forestales [en línea], vol. 33, no. 103, pp. 129-147. ISSN 2448-6671. Disponible en: http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/744.

FAO. 2022. Capítulo 2: Los Bosques y los Árboles Proporcionan Bienes y Servicios Ecosistémicos Esenciales, pero están Infravalorados en los Sistemas Económicos. En El Estado de los Bosques del Mundo 2022. Vías Forestales Hacia la Recuperación Verde y la Creación de Economías Inclusivas, Resilientes y Sostenibles FAO [en línea] (pp. 5-29). https://doi.org/10.4060/cb9360es

HERNÁNDEZ, C.C.H., VALDÉ, M.F.V. y MARTÍNEZ, E.Y.D., 2020. El enfoque ciencia, tecnología y sociedad (CTS) en Cuba. Vicisitudes históricas, principales logros y deficiencias, y la nueva política en el marco del perfeccionamiento del Nuevo Modelo Económico. Ciencia e Interculturalidad [en línea], vol. 27, no. 2, pp. 94-107. Disponible en: https://portal.amelica.org/ameli/journal/416/4161926011/html/.

IBÁÑEZ DRAKE, A., HERNÁNDEZ DEL VALLÍN, C., GARCÍA DELGADO, J. M., & SOSA ARIAS, M. 2001. Propiedades y usos de 50 especies maderables en Cuba.

KNIGHT, K. 2000. Mathematical Statistics. Editorial: Boca Raton (FL). Chapman & Hall / CRC [en línea] Disponible en: https://www.iberlibro.com/Mathematical-Statistics-Keith-Knight-Boca-Raton/11082496072/bd

LECKOUNDZOU, A. 2011. 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 [Thesis, Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca. Facultad de Forestal y Agronomía. Departamento de Forestal]. [en línea] Disponible en: https://rc.upr.edu.cu/handle/DICT/2830

MCDONNELL, H., FILIPESCU, C.N., STIRLING, R. y BARBEITO, I., 2024. Radial distribution of heartwood extractives in second-growth western redcedar. Canadian Journal of Forest Research [en línea], vol. 54, no. 9, pp. 1048-1056. ISSN 0045-5067. DOI 10.1139/cjfr-2023-0095. Disponible en: https://cdnsciencepub.com/doi/10.1139/cjfr-2023-0095.

PANCHEKHA, P., SANCHEZ-STERN, A., WILCOX, J.R. y TATLOCK, Z., 2015. Automatically improving accuracy for floating point expressions. Proceedings of the 36th ACM SIGPLAN Conference on Programming Language Design and Implementation [en línea]. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, pp. 1-11.. PLDI '15, ISBN 978-1-4503-3468-6. DOI 10.1145/2737924.2737959. Disponible en: https://doi.org/10.1145/2737924.2737959.

SAUER, T. 2012 Numerical Analysis. 2nd Edition, Pearson Education Inc., Boston. [en línea] Disponible en: https://eclass.aueb.gr/modules/document/file.php/MISC249/Sauer%20-%20Numerical%20Analysis%202e.pdf

***Conflictos de intereses*:**

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores:

Los autores han participado en la redacción del trabajo y análisis de los documentos.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.