



Control estadístico y propuesta de mejora de la calidad en el área de encolado de una balsera.

Statistical control and proposal for quality improvement in the gluing area of a raft.

Shirley Dayanara Vera Macias^{1,*} <https://orcid.org/0000-0002-2914-7669>

Yanelis Ramos Alfonso¹ <https://orcid.org/0000-0001-8383-1245>

Ricardo Castro Coello¹ <https://orcid.org/0000-0001-8383-1245>

¹ Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo – Manabí – Ecuador.

*Autor para la correspondencia: svera6349@utm.edu.ec

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo proponer mejoras de la calidad en la producción de bloques de balsa, basado en el estudio del proceso de encolado. La misma tuvo un enfoque cuantitativo, descriptivo, no experimental y transversal, con la aplicación de análisis estadísticos en el encolado de dichos bloques en una empresa dedicada a la exportación. Se obtuvo que el gramaje/gramatura fue una de las principales causas de no conformidad, identificando como causal esencial el deficiente control de los parámetros de temperatura y humedad ambientales. El control estadístico de procesos y la regularidad estadística de las características de calidad son esenciales para garantizar la calidad de los bloques de balsa, futuras investigaciones deben profundizar en la estandarización de los parámetros de temperatura y humedad para la optimización del proceso de encolado.

Palabras clave: control estadístico; proceso de encolado; bloques de balsa; gramatura; temperatura; humedad.

ABSTRACT

The objective of this research was to propose quality improvements in the production of balsa blocks, based on the study of the gluing process. It had a quantitative, descriptive, non-experimental and cross-sectional approach, with the performance of statistical analysis in the gluing of these blocks in a company dedicated to export. It was found that the grammage/ grammature was one of the main causes of nonconformity, identifying as an essential cause the deficient control of environmental temperature and humidity parameters. Statistical process control and statistical regularity of the quality characteristics are essential to guarantee the quality of the balsa blocks, and future research should

focus on the standardization of the temperature and humidity parameters for the optimization of the gluing process.

Keywords: statistical control; gluing process; balsa blocks; grammature; temperature; humidity.

Recibido:30/10/24

Aprobado:13/11/24

Introducción

El proceso de control de calidad es un objetivo que cada empresa emplea para mejorar un producto o servicio, se debe tener en cuenta el sistema de gestión de la calidad implementado al decidir si priorizar la producción o seguir un proceso de certificación ISO 9001, creando valor para los clientes de la empresa mejorando la calidad del producto y/o servicios reduciendo costes y defectos [1].

El control de calidad tiene como objetivo implementar la mejora continua mediante las cuatro fases del proceso PDCA (Planificar/Hacer/Verificar/Actuar), por ello es importante que el plan de mejora incluya elementos objetivos que diagnostiquen a la empresa y midan su nivel de calidad, esta fase crítica impide la definición de ejes de mejora no preferentes [1].

Diversos autores han abordado el tema de la gestión por procesos, entre los cuales se destacan: Vega de la Cruz y Ortiz Pérez (2017); Almaguer Torres (2018-2020) M. León, Y. García Pulido, A. Hernández Nariño, y E. Negrin-Sosa (2020) [2]. En líneas generales, estos investigadores concuerdan en que se trata de una metodología cuyo propósito es implementar mejoras en la administración de los procesos, los cuales deben ser planificados, diseñados, automatizados, supervisados, integrados y perfeccionados de manera constante [3], mediante el procedimiento de crear grupos de trabajo, descripción del proceso, elaboración del diagrama de flujo, establecimiento de las prioridades, análisis de los puntos críticos y el correspondiente monitoreo.

Los anteriores autores reconocen la importancia y ofrecen una metodología para la identificación de puntos críticos de control en los procesos productivos, el establecimiento de límites críticos para el seguimiento continuo, lo que se considera muy útil en el contexto del control de la calidad de esta investigación. A esto se incluye la propuesta de Gutiérrez y Vara, quienes presentan una metodología para establecer controles que abarca el uso de cartas de control, así como el análisis de la variabilidad y la capacidad de los procesos [4].

Las propuestas antes mencionadas constituyen fundamentos metodológicos esenciales para desarrollar técnicas de control y mejora de procesos, basadas en el monitoreo activo de los parámetros de calidad vitales en el control de la calidad de los productos.

Para lograr la calidad deseada del producto o servicio, no basta con realizar una inspección o prueba final; por el contrario, se deben tomar las medidas adecuadas desde el diseño y durante toda la producción o entrega, con el fin de que los resultados estén a la altura de las expectativas. Pero en realidad, cada proceso se ve afectado por factores incontrolables, creando así un producto final

de calidad variable, siendo la razón principal por la que el control de calidad se trata realmente de controlar el cambio en el proceso que lo provocó. Las organizaciones deben utilizar técnicas y herramientas que les permitan identificar, medir, controlar y minimizar el cambio de proceso, con el fin de determinar la acción de calidad adecuada a la mejora [5].

Si el cliente no está satisfecho con el producto recibido, significa que es deficiente, es decir, no satisface las necesidades del usuario, por lo que el producto pierde consumidores potenciales. El análisis de la respuesta material es esencial para comprender y prevenir la recurrencia de errores [5].

Díaz y Salazar hacen referencia a Juran [6], el cual define que la calidad puede tener múltiples significados, dos de ellos son fundamentales en la planificación de la calidad y la estrategia empresarial. Uno de estos significados se refiere a la ausencia de deficiencias, que pueden manifestarse a través de retrasos en las entregas, fallos en los servicios, facturas incorrectas o cancelaciones de contratos de ventas, entre otros. En este contexto, la calidad se define como la capacidad de un producto o servicio para adecuarse a su propósito y satisfacer las necesidades del cliente.

Al momento, Ecuador ocupa el primer lugar como exportador de tableros de balsa en el mundo, al captar el 90% del mercado. Eso hace que la balsa sea el tercer producto de exportación en el mercado chino después del camarón y el banano [7]. El sector maderero ecuatoriano busca mantenerse en constante evolución, siendo un ejemplo de esta evolución la fabricación de tableros de balsa, estos tableros cuentan con características especiales tales como aislamiento acústico, son livianos y resistentes.

La balsa es un tipo de madera de rápido crecimiento utilizada para estructuras que requieran materiales livianos, flexibles y duraderos. En el Ecuador existen un sinnúmero de balseras dedicadas a la plantación, cosecha, transformación y exportación de productos derivados de la balsa tales como bloques encolados, en donde los requisitos en cuanto a calidad han ido en aumento, y los clientes exigen estandarizaciones avaladas a nivel nacional e internacional que respalde que los productos han sido sometidos a criterios científicos y normativas que, con base en resultados excepcionales e indubitables, asegure que el producto es de alta calidad [8].

Ecuador se posiciona como uno de los principales productores de madera de balsa a nivel mundial, siendo un producto muy cotizado en el mercado internacional por sus características que ayudan significativamente en la fabricación de aerogeneradores de energía eólica en China; en otros mercados como Europa su uso es para la fabricación de flotadores, botes salvavidas, boyas de señalización, etc [7].

El presente trabajo se desarrolla en una empresa balsera que se dedica a la cosecha, industrialización y exportación de madera de balsa en distintas presentaciones, donde se ve la necesidad en sus procesos de reducir el producto no conforme para garantizar el cumplimiento de la demanda pronosticada.

En el proceso productivo de la elaboración de bloques de balsa se presentan inconvenientes a la hora de la liberación del producto, tales como aberturas en un 10% de la producción, defectos de la madera 2 %, desprendimiento o falta de cola que equivale al 30%, exceso de humedad 3%, falta de medida tanto de alto y ancho presentado en un 15% podredumbre y polilla en 1 %. Esto afecta

directamente al stock requerido para la planificación semanal de la producción y retrasos a la siguiente área, por el reproceso del producto.

Han existido algunos intentos para reducir este producto no conforme, entre ellos se han realizado varios ensayos con diferentes tipos de PVA (acetato de polivinilo), teniendo como objetivo establecer el porcentaje de sólidos adecuado para evitar desprendimientos al momento de la liberación y, la determinación del tiempo apropiado para su fraguado junto con el coste del pegamento. Se han realizado modificaciones en la presión de las prensas, en el ancho y alto de los bloques presentados, controles minuciosos a la hora de liberar el producto de entrada al área de encolaje.

El análisis de datos a lo largo del año 2023 revela tendencias importantes en la tasa de producto no conforme, lo que proporciona información valiosa para identificar las posibles causas subyacentes. La variación de la cantidad de cola utilizada y la presión de las prensas en el proceso de encolaje también son aspectos cruciales que requieren una atención continua.

Al existir un plan de mejora continua en el área de producción se buscó optimizar y mejorar el proceso de bloques encolados de balsa, lo que permitió obtener resultados que conlleven a reducir costes de operación, minimizar errores, disminución de desperdicios, mejorar la eficiencia de los procesos, los niveles de inventarios y la calidad de los productos y con ello incrementar el índice de confiabilidad la productividad [9].

Mediante el presente estudio, se busca proponer mejoras de la calidad en la producción de bloques de balsa, basado en la investigación del proceso de encolado, contribuyendo así al incremento de la calidad de los bloques de balsa para exportación en una empresa ecuatoriana.

Métodos

La presente investigación es de tipo cuantitativa, descriptiva y transversal. La misma integra métodos como revisión documental, análisis de expertos, tormenta de ideas, unido a los análisis estadísticos correspondientes a herramientas propias de la ingeniería de la calidad como son el análisis de las ratios de capacidad y las cartas de control, basado en el enfoque de procesos, como se muestra en la figura 1.

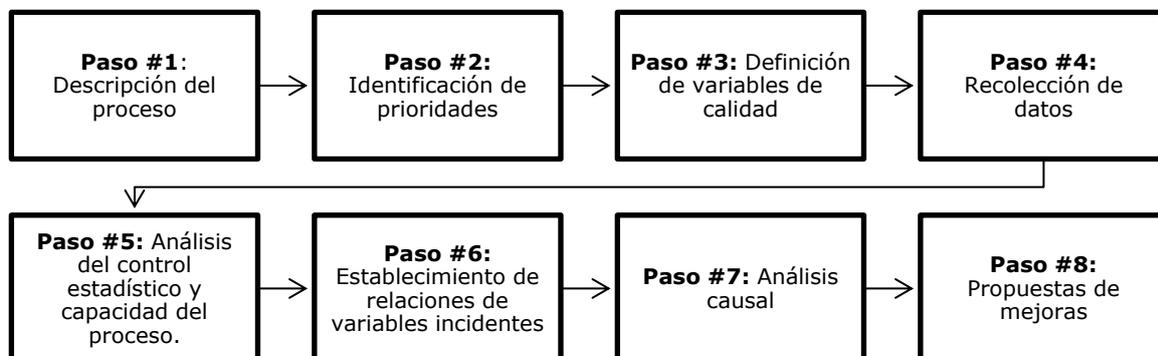


Fig. 1 - Metodología utilizada para la investigación

PASO #1: El primer paso de la propuesta metodológica empieza con la descripción del proceso productivo de la balsa, mediante la diagramación de las actividades que se realizan para la obtención del producto final, describiendo cada proceso productivo con sus diferentes actividades, identificando las entradas y salidas junto con las conformidades y no conformidades propias del proceso, a raíz de este proceso se escogerá el área donde se genere el mayor porcentaje de producto no conforme, mismo que será objeto de este estudio.

PASO #2: El segundo paso implica identificar el área dentro de la empresa que requiere mayor atención, en línea con la revisión de las auditorías internas de calidad, las no conformidades de cada proceso, los reprocesos y los rechazos. Estos elementos forman un conjunto de observaciones que permitirán determinar el enfoque del estudio.

PASO #3: Después de analizar las deficiencias mencionadas, se procede a listar las características de calidad definidas en el sistema de gestión de la empresa que requieren supervisión. A partir de esto, se aplicará el método Kendall junto con la selección de un grupo de especialistas que cuentan con experiencia en el tema con el fin de determinar cuáles de estas características impactan la variabilidad del proceso, esto permitirá identificar una relación directa con los problemas previamente identificados. Se analizan las características de calidad de acuerdo a los estándares establecidos, en consideración a que la calidad se refiere a la capacidad del producto y/o servicio para ser utilizado de manera efectiva [10]. La elección de las características esenciales está sujeta a la concordancia de los expertos, manifiesta por un valor de $W \geq 0,5$; de acuerdo a las ecuaciones 1, 2, 3.

$$W = \frac{12 \sum (\Delta^2)}{\Delta^2 (k^2 - k)} \quad (1)$$

$$\Delta = \sum_{j=1}^m (a_{ij} - T) \quad (2)$$

$$T = \frac{1}{2} M (k + 1) \quad (3)$$

W: Coeficiente de Concordancia W de Kendall ($0 < W < 1$); si $W \geq 0,5$ es confiable, si no se debe reprocesar todo el experimento.

M: Cantidad de expertos.

K: Número de atributos, características o criterios a evaluar.

Δ : Desviación del valor medio de los juicios emitidos. Este valor se determina a través de la siguiente expresión:

a_{ij} : Juicio de importancia del atributo i dado por el experto j

T: Factor de comparación (valor medio de los rangos)

PASO #4: Se realiza una revisión documental de los registros de control de calidad de la empresa, considerando tres meses de observaciones de las características antes elegidas. Se utiliza un Gráfico "x-S" (Medias y desviación estándar): La gráfica muestra el promedio del proceso, lo que permite vigilar tendencias, mientras que la otra gráfica monitorea la variación a través de la desviación estándar.

PASO #5: Una vez recopilados los datos dentro del periodo establecido, se llevarán a cabo análisis de la capacidad del proceso, es decir, el cumplimiento de las especificaciones de calidad de la data, y el posible corrimiento de la media natural del proceso, mediante el análisis de las ratios RCP (Rango de Control Proporcional) y CPK (Índice de Capacidad del Proceso) correspondientes.

PASO #6: Se establece la relación de las características de calidad consideradas prioritarias por los expertos, con la conformidad del producto, de acuerdo a los registros disponibles en el sistema de la empresa. Se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney, asumiendo que ambas distribuciones tienen una forma similar. La decisión de utilizar un análisis no paramétrico para comparar muestras independientes se fundamenta en la necesidad de emplear una prueba que no exija que los datos sigan una distribución normal. Esto resulta particularmente ventajoso al tratar con muestras pequeñas o en situaciones donde la normalidad de los datos no puede ser confirmada [11]. En este contexto, se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney, que es adecuada para determinar las diferencias entre dos grupos bajo la suposición de que ambas distribuciones presentan una forma similar.

La prueba U de Mann-Whitney, también es conocida como prueba de suma de rangos, que se utiliza comúnmente para comparar las medianas de dos conjuntos independientes. Esta prueba ha ganado mayor popularidad en la comparación de dos conjuntos distintos. En función de lo anterior, se establece la región crítica siguiente:

- H₀: Homogeneidad de medianas de la característica de calidad
- H₁: Existen diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de la característica de calidad estudiadas.

Región crítica: Sig. Asintótica $\leq 0,05$ Rechazo H₀

PASO #7: De acuerdo al comportamiento natural del proceso y las relaciones entre variables, se realiza un análisis causal mediante el diagrama de Ishikawa. Esta herramienta, que trabaja mediante la representación de las relaciones causa-efecto, facilita la identificación de las causas subyacentes y la categorización de las interconexiones entre ellas, las cuales pueden converger en diversos aspectos del problema. Asimismo, el uso de esta herramienta permite identificar las posibles causas cuando se presenten desviaciones en el gráfico [12].

PASO #8: Luego de recopilar y analizar detalladamente toda la información mediante los distintos métodos empleados, se procede a presentar propuestas de mejora basadas en las deficiencias identificadas a lo largo de este artículo. El objetivo es detectar ineficiencias en los procesos y establecer acciones de mejora para optimizar su rendimiento. Esta etapa busca revisar minuciosamente los procesos y realizar ajustes pertinentes con el fin de reducir o eliminar de manera permanente los errores [13]. La decisión se establece mediante el consenso del grupo decisor, basado en los costes implicados.

Resultados

En la figura 2 se detalla el proceso productivo de la balsa, el cual inicia con la recepción de la madera verde, donde se siguen criterios de aceptación y se plantilla según el espesor y la longitud. Esta madera no debe permanecer más

de cinco días en el patio, ya que puede iniciar el proceso de pudrición. Luego, se ingresa a la secadora, clasificada por espesores; posteriormente, pasa al taller de resane, donde se maquinan y plantillan para formar bloques. En este punto, se califica el producto, determinando si está dentro o fuera de especificación. Si cumple con los requisitos, se encola y se toma la decisión de liberarlo o no. Una vez aprobado, se almacena en las bodegas. Los bloques se cortan y se califican para el siguiente proceso; en caso contrario, se devuelven al proceso anterior como PNC (producto no conforme).

Después, se les da el lijado final, y se almacenan antes de pasar al siguiente proceso, donde se les aplica el acabado requerido según las necesidades del cliente. Durante esta etapa, se inspecciona la calidad del producto, convirtiéndose en PNC aquel que no cumple con las normas establecidas.

Una vez evaluadas las actividades de cada área de la empresa dedicada al procesamiento de balsa, se evidencia que el área de encolados por su mayor porcentaje de PNC (Producto no conforme) equivalente al 25% es el objetivo principal del estudio. Mediante la técnica de recolección de datos, se evidencia que la calidad está implícitamente relacionada con varias características, como el gramaje y la cantidad de goma utilizada para encolar el bloque. Esta variabilidad en la cantidad de goma, combinada con las condiciones ambientales no controladas, constituye la causa de la no conformidad.

Para identificar las características clave que impactan directamente en el producto final, se emplea el método de Kendall como se muestra en la tabla 1. Se selecciona un grupo de 9 especialistas, entre los que se incluyen supervisores de áreas, líderes de producción y analistas de calidad; los que presentan más de 5 años de experiencia en el proceso productivo de la balsa, en el control de la producción y la calidad. La puntuación se asigna en función de la importancia, donde 1 indica la menor relevancia y 6 denota la mayor, en función de las variables que inciden en las no conformidades respecto al gramaje y que a su vez se tiene registro histórico de su comportamiento en el sistema.

Con un nivel de concordancia del 71 % se hallaron las características de temperatura y humedad como las más importantes.

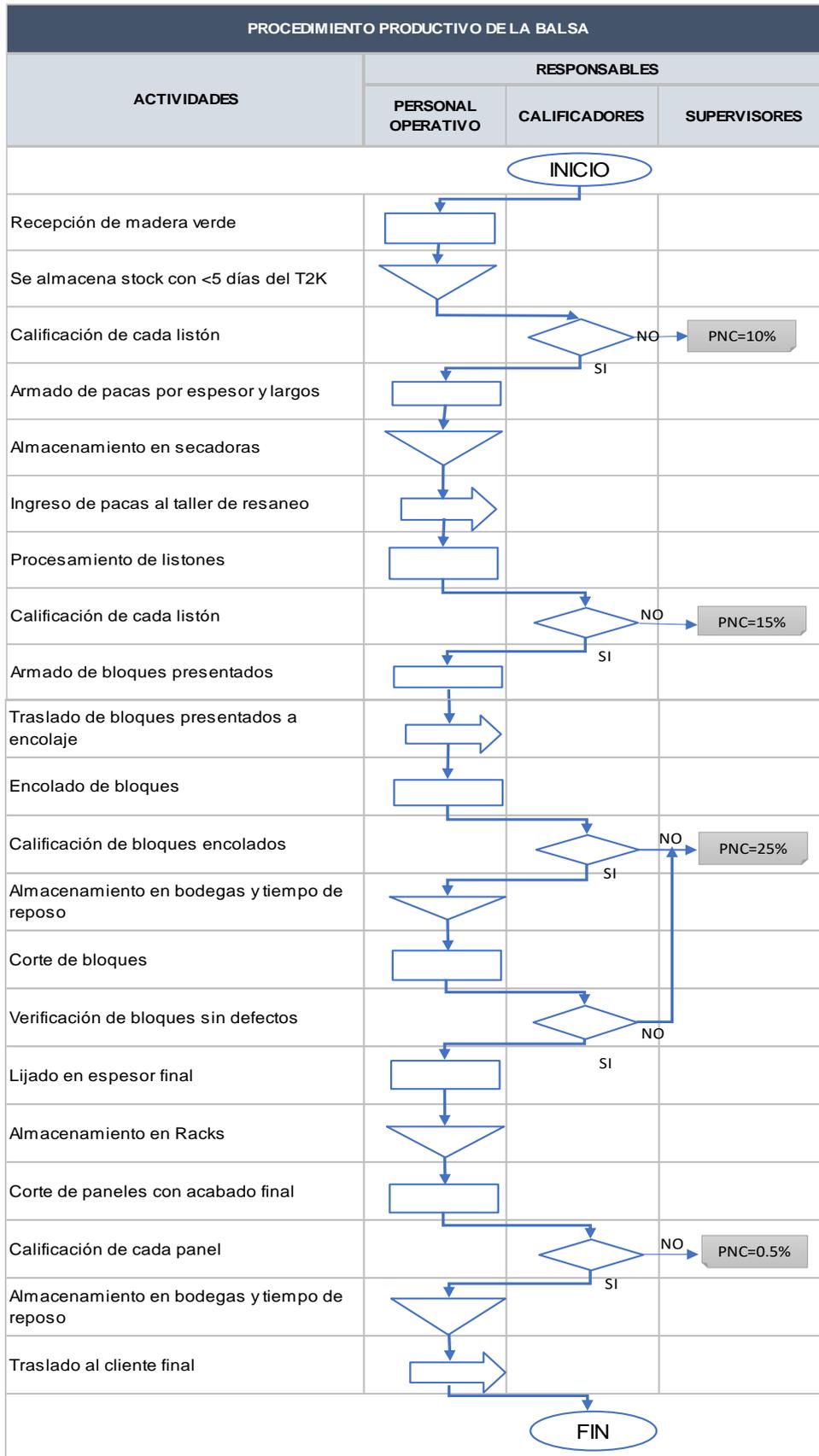


Fig. 2- Diagrama de flujo del proceso productivo.

CONTROL ESTADÍSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA CALIDAD EN EL ÁREA DE ENCOLADO DE UNA BALSERA

Tabla 1- Método de Kendal

#	Variables	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	Σ	Δ	Δ ²
1	Temperatura ambiental	6	6	6	6	6	6	6	5	6	53	21.5	462.25
2	Humedad ambiental	5	3	5	5	5	5	5	6	1	40	8.5	72.25
3	Presión de las prensas	3	4	4	4	3	3	3	2	2	28	-3.5	12.25
4	% de humedad de la madera	4	5	3	3	4	4	4	3	5	35	3.5	12.25
5	Tiempo de prensado	2	2	1	2	2	1	1	1	4	16	-15.5	240.25
6	Tiempo de fraguado	1	1	2	1	1	2	2	4	3	17	-14.5	210.25
TOTALES											189	0	1009.5

Se tomaron los datos de 34 días del gramaje, con el fin de establecer la variabilidad natural del proceso de encolado, la capacidad para el cumplimiento de los estándares de calidad y las acciones a desarrollar para la mejora continua.

La figura 3 muestra la cantidad de goma suministrada al listón durante el periodo contemplado en la investigación, teniendo un valor nominal de 230 gr/m², con una tolerancia de +/-10 gr/m², como se muestra en el análisis de capacidad con un CPK de 0.25, la media del proceso no difiere significativamente del objetivo ($p > 0,05$). La tasa de defectos es del 44,54%, que estima el porcentaje de piezas del proceso que están fuera de los límites de las especificaciones en 445 390 DPMO (defectos por millón de oportunidades). La capacidad real (general) es lo que experimenta el cliente y la capacidad potencial (dentro) es lo que se podría lograr si se eliminaran los cambios y desviaciones del proceso.

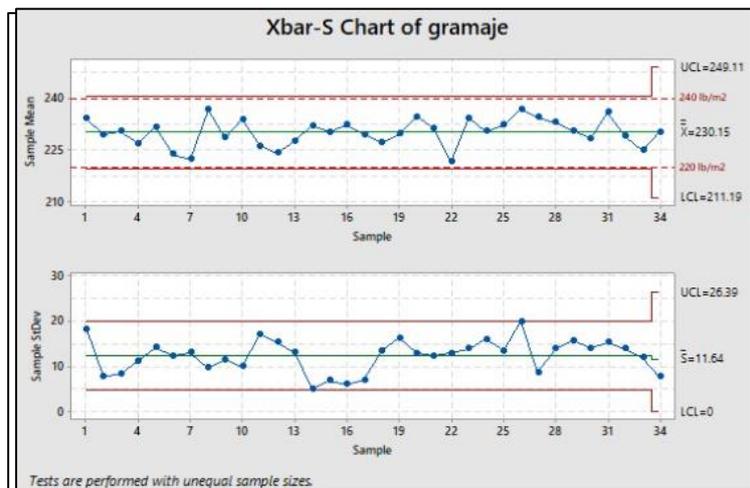


Fig. 3- Gráfico de x-S de los datos del gramaje utilizado en encolaje.

Debido a la pobre capacidad del proceso no se puede estandarizar la característica gramaje en este momento, se debe reducir la variabilidad natural, para luego proceder a la fijación de una norma de proceso, bajo un comportamiento normal, apto para cumplir las especificaciones.

Las tablas 2 y 3 muestran valores de Sigma asintótica inferiores a 0,05 lo que establece que la temperatura y la humedad son variables que generan diferencias de grupos en torno a la conformidad de la gramatura, por lo que se establece la relación que existe entre las mismas.

Tabla 2 - Análisis de gramatura y humedad

	Humedad
U de Mann-Whitney	208010,500
W de Wilcoxon	218898,500
Z	-8,620
Sig. Asin. (bilateral)	<,001

a. Variable de agrupación: Conformidad

Tabla 3 - Análisis de gramatura y temperatura

	Temperatura
U de Mann-Whitney	213684,500
W de Wilcoxon	11987062,500
Z	-8,293
Sig. Asin. (bilateral)	<,001

a. Variable de agrupación: Conformidad

En la tabla 4 se presenta que los rangos medios de la temperatura son muy inferiores en los productos conformes, en tanto en las no conformidades se rastrearon temperaturas superiores, determinando rangos medios superiores (3472,36 °C), lo que sugiere que menores temperaturas favorecen el proceso de encolado. A diferencia de la humedad, para la cual valores superiores establecen una mayor conformidad. Evidentemente, será necesario estandarizar tanto para temperatura como humedad, cuáles son los límites de control más adecuados, que garanticen la aptitud de la gramatura. Futuros estudios deben medir parámetros de secado en diferentes rangos de temperatura y humedad para establecer los mejores estándares de proceso.

Tabla 3 - Rangos medios de temperatura en productos conformes y no conformes

Conformidad	N	Rango promedio: Temperatura (°C)	Rango promedio: Humedad (%)
--------------------	----------	---	--

CONTROL ESTADÍSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA CALIDAD EN EL ÁREA DE ENCOLADO DE UNA BALSERA

Conforme	4852	2470,54	2530,63
No conforme	147	3472,36	1489,11
TOTAL	4999		

Para el análisis causal de la alta dispersión de la gramatura se realiza una tormenta de idea de acuerdo al criterio del grupo de trabajo, en función de lo cual se elabora un diagrama de Ishikawa, como se muestra en la figura 4.

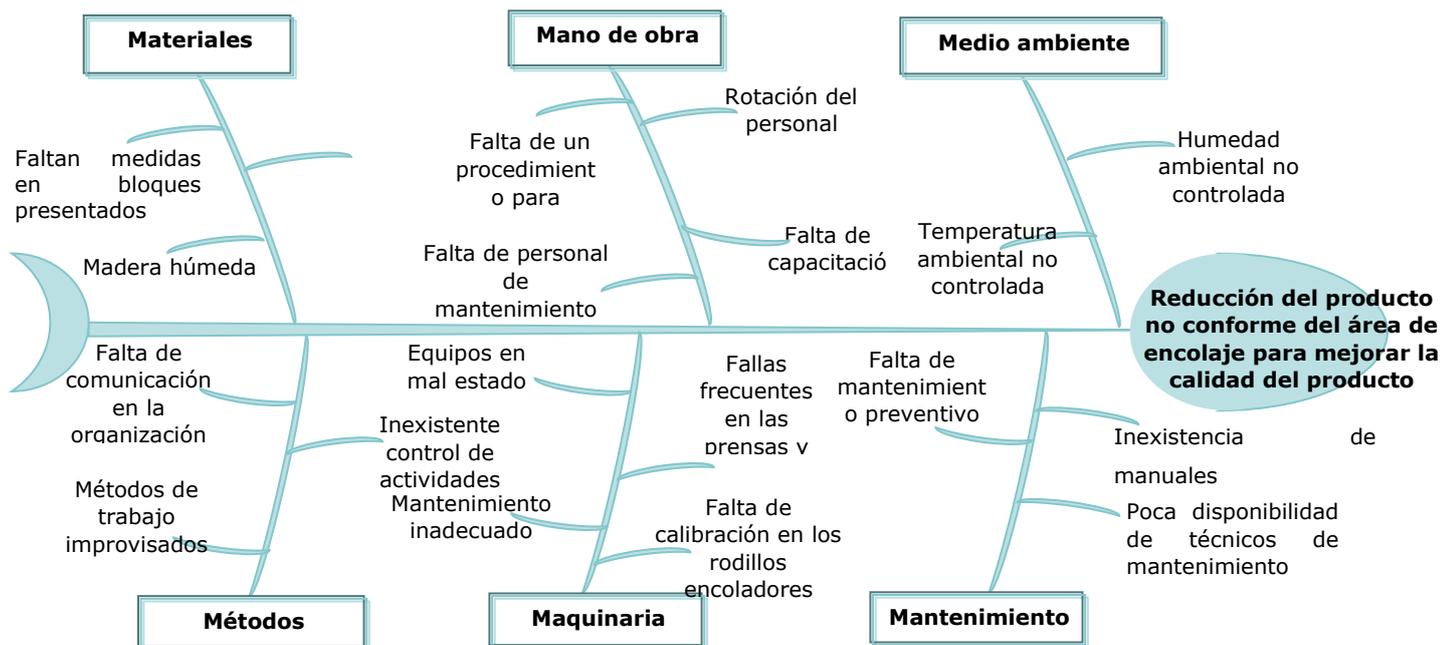


Fig. 4- Análisis causal de variabilidad del proceso

Los desafíos clave incluyen la falta de control sobre las condiciones ambientales, como la temperatura y la humedad, la alta rotación de personal y la falta de capacitación, la calidad del adhesivo, los parámetros iniciales del producto, la humedad de la madera y las frecuentes fallas en los equipos esenciales del proceso, como las encoladoras y las prensas.

Las acciones de mejora a considerar deben incluir la capacitación, la elaboración de manuales de mantenimiento preventivo, de procedimientos estandarizados (como encolado) para minimizar errores producto del desconocimiento provocado por la rotación laboral. Adicionalmente, el presupuesto de la empresa para la mejora podría utilizarse de acuerdo a las variantes siguientes:

Alternativa #1: Implementar un sistema de monitoreo con sensores conectados a alarmas. Este sistema alertará sobre valores inusuales, permitiendo la toma de acciones preventivas para evitar no conformidades. Como primer paso se tomarán las dimensiones de la bodega para calcular y posicionar los sensores según su volumen, se deberán utilizar 15 sensores, la medición de las características se lo realizará de manera automática, las inversiones para la instalación de los sensores se necesitan \$4000 incluido el sistema de alarma.

Alternativa #2: Implementar un espacio acondicionado para regular los parámetros que afectan la calidad del producto. Se realizó una cotización, la cual se detalla en la tabla 5, por la instalación de 6 equipos de aire acondicionado de 18000BTU junto con la instalación de los mismos con un valor de inversión de \$14,700, valor que será recuperado en 3 meses sin producto no conforme generado por el área de encolados.

Tabla 4 - Cotización de la propuesta de mejora

Item	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio final
1	Instalación de los equipos	6	\$ 600.00	\$3,600.00
2	Trabajo de soldadura y cerrajería	6	\$ 200.00	\$1,200.00
3	Materiales	1	\$ 1,200.00	\$1,200.00
4	Aire acondicionado sin conductos dividido de 18000BTU	6	\$ 1,450.00	\$8,700.00
TOTAL DE LA INVERSIÓN				\$14,700.00

Se calcula el número de bloques promedios que se rechazan por semana. Se estiman 12 horas/hombres semanales en reparar los bloques por el coste por hora, considerando que se utiliza un solo operador para la recuperación de los bloques, el cual está traducido en 5M dólares al mes, recuperando la inversión en 3 meses sin PNC en el área de encolaje, así como se representa en la tabla 6.

Tabla 5 - Recuperación de la inversión

# Bloques semanales PNC	h/h	Coste x h/h	Total x semana	Total por mes	Total del ahorro en 3 meses
50	12	\$2.33	\$1,398.00	\$5,592.00	\$ 16,776.00
AHORRO TOTAL EN 3 MESES					\$ 16,776.00

La implementación de un sistema de monitoreo con sensores conectados a alarmas permite detectar rápidamente valores inusuales en el ambiente de la bodega, facilitando la intervención preventiva y evitando así no conformidades en el producto almacenado. La ubicación estratégica de 15 sensores, basada en un análisis detallado del volumen de la bodega, asegura una cobertura precisa y automática de las mediciones necesarias, eliminando la intervención manual y minimizando el riesgo de errores.

Aunque una climatización integral podría generar un ahorro a mediano plazo, la variante 1 es la más adecuada según el presupuesto asignado para proyectos de mejora en la empresa, respaldado por el consenso del equipo. Además, esta

opción no solo cumple con las expectativas de calidad de almacenamiento, sino que, mediante el sistema de alarmas, brinda un monitoreo en tiempo real, asegurando una gestión eficaz de posibles desviaciones en las condiciones ambientales y optimizando el control sobre los productos en stock.

Discusión

El estudio se centra en la optimización del proceso productivo de elaboración de bloques de una empresa balsera especializada en la cosecha, industrialización y exportación de madera de balsa. La necesidad de reducir el producto no conforme se vuelve crucial para garantizar el cumplimiento de la demanda pronosticada y mejorar la eficiencia del proceso. Los resultados de los ensayos realizados con diferentes tipos de PVA y las modificaciones en las condiciones de prensado han demostrado ser un paso significativo hacia la reducción de los rechazos y la mejora de la productividad. Salazar et al. lo afirma en su investigación control de calidad se basa en la implementación de la mejora continua a través del ciclo PDCA, lo cual requiere un plan de mejora que incluya elementos objetivos y permita diagnosticar y medir el nivel de calidad de la empresa [14].

Según Montgomery, la variabilidad en un proceso puede ser atribuida a múltiples fuentes, incluyendo la aplicación inconsistente de materiales. En el contexto del encolado, el valor nominal de 230 gr/m² se encuentra en el umbral crítico para garantizar la calidad del producto final [15].

Las causas de la alta dispersión del comportamiento de la gramatura se identifican como carencia de un mantenimiento efectivo, de manuales y procedimientos, y de comportamiento de las personas, además motivado por una alta fluctuación laboral, en lo que coinciden los autores [16].

Análisis de las ratios de capacidad en otros sectores de la industria ecuatoriana, como es el caso del vidrio, han coincidido en valores inadecuados para la capacidad de los procesos, estableciendo la necesidad del control proactivo, de acuerdo a lo abordado por Cruz [17].

La implementación de estos ajustes no solo ha tenido un impacto positivo en la reducción del producto no conforme, sino que también se espera que genere beneficios sustanciales en términos de costes, en lo que se coincide con los autores [18] los que establecen el valor de las herramientas del control estadístico de los procesos para la reducción del despilfarro.

La disponibilidad de un stock adecuado para la planificación de la producción mitigará los retrasos causados por la falta de materia prima. Además, la reducción del reproceso y la disminución del coste de almacenamiento de productos no conformes son indicadores claros de mejoras en la eficiencia operativa. Cuando un cliente no está satisfecho, esto sugiere que el producto no cumple con las expectativas ni necesidades del usuario, lo que podría llevar a la pérdida de futuros consumidores.

Para Cantú-González et al. [19] es importante tener en cuenta la identificación de puntos fuera de control en las lecturas de promedios ya que refleja la necesidad de un monitoreo continuo y efectivo para garantizar estándares de calidad en los procesos.

El análisis de datos a lo largo del año revela tendencias importantes en la tasa de producto no conforme, lo que proporciona información valiosa para identificar las posibles causas subyacentes. La variación de la cantidad de cola utilizada y la presión de las prensas en el proceso de encolaje también son aspectos cruciales que requieren una atención continua. De acuerdo a varios estudios se ha confirmado que la temperatura y la humedad ejercen una influencia significativa en la incidencia de conformidades y no conformidades en la balsa, que son las variables factor de esta investigación.

Para garantizar un control efectivo en el proceso de encolaje, es esencial comenzar con una validación rigurosa del producto de entrada, asegurándose de que cumple con los parámetros especificados. En su trabajo de titulación, Saavedra et. al. plantean que implementar un sistema de gestión de calidad, como ISO 9001, es fundamental para optimizar la producción y elevar la calidad del producto. Este enfoque permite crear valor para los clientes al reducir tanto los costos como los defectos, generando beneficios en la eficiencia y en la satisfacción del cliente [20].

Asimismo, la recolección y análisis de datos ambientales, como la humedad y la temperatura, se presentan como elementos clave para comprender y controlar las variables que influyen en el proceso. Según Rodríguez-Moreira et al. [21], afirma que el control de calidad se enfoca en supervisar las variaciones en el proceso que impactan la calidad del producto o servicio, utilizando diversas técnicas y herramientas para identificar, medir y reducir dichas variaciones. En resumen, este estudio proporciona una visión detallada y estructurada de los desafíos enfrentados por la empresa balsaera en su proceso productivo. Las propuestas de mejora basadas en el análisis de datos y la aplicación de herramientas de mejora continua prometen un camino hacia una mayor eficiencia, menor desperdicio y una producción más consistente y de alta calidad.

Conclusiones

1. La cantidad de goma proporcionada al listón en el proceso de encolaje es un factor esencial para garantizar la calidad del bloque. Se observó que el valor nominal de 230 gr/m² con una tolerancia de +/-10 gr/m², mediante el análisis de la capacidad se muestra la variabilidad alta del proceso, lo que estadísticamente representa riesgo de incumplir con las especificaciones dadas. Se recomienda realizar una planificación de mantenimiento preventivo en los rodillos encoladores para verificar el estado de los mismos.
2. Se identifica una falta de control sobre las condiciones ambientales, especialmente en lo que respecta a la temperatura y humedad. Estos factores pueden tener un impacto significativo en la calidad del producto final y deben ser monitoreados y regulados de manera más precisa para evitar variaciones no deseadas, para mejorar los controles sobre las características ambientales se propone la instalación de sensores para realizar el seguimiento y verificar cuando los valores se encuentren por encima de los parámetros permitidos.
3. El control estadístico de procesos y la regularidad estadística de las características de calidad son esenciales para garantizar las no

conformidades, en el proceso de encolado de la balsa. Futuras investigaciones deben profundizar en la estandarización de los parámetros de temperatura y humedad que permitan la conformidad en la gramatura de los bloques de balsa, por lo que se sugiere, tomar datos a lo largo del año para verificar el comportamiento de las condiciones ambientales y su incidencia en el proceso de encolado.

Referencias

1. Gillet-Goinard F, Bernard S. La caja de herramientas. Vol. 1. Mexico: Patria; 2014. 193; ISBN: 978-607-438-773-5
2. Marqués-León M, García-Pulido Y, Hernández-Nariño A, Negrin-Sosa E. Procedimiento para la determinación de Puntos Críticos de Control. En: Alberto Medina León. México; 2020. p. 150-165 //ISBN: 978-607-535-156-8
3. Cantero-Cora H, Herrera-González Y, Leyva-Cardenosa E. La gestión por procesos en una empresa Comercializadora del territorio holguinero. Cienc Holguín. 2021;27:1-11; ISSN: 1027-2127, 27
4. Gutiérrez-Pulido H, Vara-Salazar R. Control estadístico de la calidad y seis sigma. 3era edición. México: Mac Graw-Hill; 2015. 5-25; ISBN:978-607-15-09291
5. Hernández AB, Guillon MD la P, García LA. La metodología de Taguchi en el control estadístico de la calidad. Rev Esc Perfecc En Investig Oper. 21 de agosto de 2015;23(37):ISSN: 1853-9777
6. Díaz-Muñoz GA, Salazar-Duque DA. La calidad como herramienta estratégica para la gestión empresarial. PODIUM. 28 de junio de 2021;(39):19-36; ISSN: 2588-0969.
7. Sánchez-Condoy VG, Bustos-Chuchuca IP, Pizarro-Romero KH. Análisis de las exportaciones de madera de balsas y su influencia en ámbitos económico-ambiental. Polo Conoc. 29 de noviembre de 2023;8(11):1275-1302; ISSN: 2550-682X.
8. Vásquez-Rosero A. Plan de exportación de madera balsa boya de la empresa Balsa Wood EC hacia el mercado alemán. [Ecuador]: Universidad de Otavalo; 2021.
9. Semes-Suarez MJ. Aplicación del sistema lean manufacturing en el proceso de producción de bloques de balsa de la Empresa Produciembal Cía. Ltda. [Los Ríos-Ecuador]: Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2019.
10. Palacios-López M, Gisbert Soler V. Control estadístico de la calidad: Una aplicación práctica - 3Ciencias [Internet]. Primera edición. Area de Innovación y desarrollo; 2018 [citado 1 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://3ciencias.com/libros/libro/control-estadistico-de-la-calidad-una-aplicacion-practica/>; ISBN: 978-84-949151-0-9
11. Mayorga-Ponce R, Garciano-Ventura D, Hernández A, Moctezuma-Jiménez P, Pérez-Galindo B, Roldán-Carpio A. Cuadro comparativo de Análisis Paramétrico y No Paramétrico. Educ Salud Bol Científico Inst Cienc Salud Univ Autónoma Estado Hidalgo. 5 de junio de 2022;10(20):90-3; ISSN: 2007-4573

12. Burgasí-Delgado D, Cobo-Panchi D, Pérez-Salazar K, Pilacuan-Pinos L, Rocha-Guano B. El diagrama de Ishikawa como herramienta de calidad en la educación: Una revisión de los últimos 7 años. 2021;1-8(84):1212-30, ISSN 2588-0977
13. Apolinares-Silva IR, Lartiga-Piña AB. Aplicación de herramientas para la mejora continua en una organización [Internet]. [Lima-Perú]: Universidad Privada del Norte; 2019. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23679/Apolinares%20Silva%2c%20Ivett%20Rosario%20-%20Lartiga%20Pi%2c%20Alberto%20Bernie.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
14. Salazar-Garces J, Mora-Sánchez N, Romero-Black W. Diagnóstico de la aplicación del ciclo PHVA según la ISO 9001:2015 en la empresa INCARPALM. Digit Publ. 2020;5(6):459-72; ISSN 2588-0705
15. Montgomery DC. Introduction to Statistical Quality Control. sexta. USA; 2013. ISBN: 978-0-470-16992-6
16. Quiroz-de laCruz LA, Orozco-Crespo E, Ruiz-Cedeño S del M. Descripción del sistema de planificación y control, caso de estudio en una industria manufacturera. Rev Uniandes Episteme. 1 de julio de 2023;10(3):311-25; ISSN: 1390-9150
17. Cruz-Siguenza EL, Villagrán-Cáceres WJ, Castro-Cepeda LR, Bravo-Morocho VD, Noguera-Cundar AJ. Control Estadístico de procesos en la fabricación de vidrios y optimización en la detección de errores para mejorar la productividad. Polo Conoc. 11 de octubre de 2018;3(10):232-43
18. Garofalo-Largo VH, Ruiz-Arana MV, Mendoza-Macias L del R, Rodríguez-Mérchan SM. Control estadístico de procesos y reducción del despilfarro. AlfaPublicaciones. 4 de agosto de 2022;4(3.1):6-19; ISSN: 2773-7330
19. Cantú-González JR, Garcia MDC, Guardado C, Illescas G. Monitoreo de la variabilidad del proceso mediante Gráficas XR, una guía de aplicación estadística / Monitoring process variability through XR Charts, a statistical application guide. Rev Electrónica Sobre Tecnol Educ Soc. 27 de noviembre de 2020;7(14):ISSN: 2448-6493
20. Murrieta-Saavedra YA, Ochoa-Ávila E, Carballo-Mendivil B. Reflexión crítica de los sistemas de gestión de calidad: ventajas y desventajas. En-Contexto Rev Investig En Adm Contab Econ Soc. 2020;8(12):115-32
21. Rodríguez-Moreira C, Zaldumbide-Peralvo D. Análisis de la calidad de productos y su impacto en el posicionamiento de mercado: caso empresa "Del Mejor". 593 Digit Publ CEIT. 5 de marzo de 2024;9(2):144-53

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no hay conflicto de intereses.

Contribución de cada autor:

Shirley Dayanara Vera Macias: Aportes en la elaboración, concepción y publicación del artículo.

CONTROL ESTADÍSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA CALIDAD EN EL ÁREA DE ENCOLADO DE UNA BALSERA

Yanelis Ramos Alfonso: Aportes en la elaboración, concepción y publicación del artículo.

Ricardo Castro Coello: Aportes en la elaboración, concepción y publicación del artículo.