

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

"Reducción del desperdicio de madera en el proceso de aserrado de una
empresa procesadora de madera balsa"

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Materia Integradora

Previo la obtención de los Títulos de:

INGENIEROS INDUSTRIALES

Presentado por:

Alex Richard Moya Collantes

Samantha Soledad Urriola Vergara

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2017

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos principalmente a nuestras familias, por su apoyo constante a lo largo del camino, y de manera especial al Ab. Ángel, por brindarnos la oportunidad de desarrollar este trabajo en las instalaciones de su compañía.

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Alex Richard Moya Collantes

Samantha Soledad Urriola Vergara

Ing. María Elena Murrieta

y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

Alex Richard Moya
Collantes
Autor 1

Samantha Soledad
Urriola Vergara
Autora 2

Ing. María Elena
Murrieta O.
Tutora

RESUMEN

El presente trabajo se lleva a cabo en los aserraderos de una compañía que procesa y comercializa madera balsa. La variable que se emplea para el estudio del proceso es el porcentaje de desperdicio. Se elige la etapa de aserrado ya que después de analizar los datos históricos de los últimos 12 meses para el proceso completo, este presenta el menor rendimiento, y por lo tanto el mayor porcentaje de desperdicio, siendo en promedio del 52,1%. El objetivo de este estudio es reducir el porcentaje promedio de desperdicio por cortes de madera en el proceso de aserrado en un 2,7%, disminuyendo de esta forma el costo de producción por compra de trozas de madera en el aserrado.

El proyecto se realizó en cinco etapas haciendo uso de la metodología DMAIC (Keller, 2004). El análisis de la data recolectada se efectuó con la ayuda de técnicas estadísticas y la herramienta de análisis de datos Minitab. Los materiales e instrumentos empleados para realizar las mediciones fueron una cinta métrica, un flexómetro, un nivel, un calibrador Vernier y un equipo de medición que fue el palpador de carátula.

Los resultados del estudio luego de realizar una prueba piloto con las mejoras propuestas realizando la comparación del estado pre y post implementación en el proceso de aserrado fueron positivos, obteniendo una reducción del 9% en el promedio de desperdicio. En términos financieros, usando el estudio del Valor Presente Neto (VPN) se obtuvo una disminución del 8% en costos.

Con la implementación de las mejoras no sólo se logró cumplir con la meta establecida, sino que esta fue superada. El análisis financiero contrastando la situación actual y luego de la implementación del proceso demuestra en conclusión que el proyecto es rentable.

Palabras Clave: aserrado, trozas, DMAIC, Minitab, Nivel, Vernier, Palpador de carátula, VPN.

ABSTRACT

The present work is carry out in the aserrío stations of a company that processes and commercializes balsa wood. The variable that is employ for the study is the percentage of waste. The aserrío process is choose because after analyzing the historical data for the last twelve months for the whole process, this presents the lower performance and therefore the higher percentage of waste being on average of 52,1%. The objective of this study is to reduce the average percentage of waste by cuttings of wood in the aserrío process in 2,7%, reducing in this way the production cost per purchase of wood trozas in the aserrío process.

The project was performed in five stages making use of the DMAIC methodology. The analysis of the data collected was made with the help of statistics techniques and the tool Minitab. The materials and instruments employed for making the measurements were a metric tape, a flexometer, a level, a Vernier calibrator and a measuring equipment that was the palapador de carátula.

The results of the study after carrying out a pilot test with the proposed improvements making the comparison of the pre and post implementation situation in the aserrío process were positive, obtaining a reduction of 9% on the average waste. In financial terms, using the Net Present Value analysis (NPV) it was obtained a decrease of 8,4% in the costs.

With the implementation of the improvements not only it was achieved to accomplish the stablished goal, but it was surpassed. The financial analysis contrasting the actual and after implementation state shows in conclusion that the proyect is profitable.

Keywords: aserrío process, trozas, DMAIC, Minitab, Level, Vernier, Palpador de carátula, NPV.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Descripción del problema	1
1.3 Matriz VOC	2
1.4 Variable de interés.....	3
1.5 Objetivos.....	4
1.5.1 Determinación del objetivo	4
1.5.2 Objetivo General	4
1.5.3 Objetivos Específicos	4
1.6 Alcance.....	5
1.6.1 SIPOC	5
1.7 Equipo de trabajo.....	6
1.8 Marco teórico	7
1.8.1 Metodología DMAIC	7
CAPÍTULO 2.....	9
2. Metodología	9

2.1	Plan de recolección de datos.....	9
2.1.1	Macro mapa de procesos.....	9
2.1.2	Diagrama de flujo de procesos.....	9
2.1.3	Mapa detallado del proceso	10
2.1.4	Tamaño de la muestra	11
2.1.5	Confiabilidad de los datos	13
2.2	Estratificación	14
2.3	Análisis de causas	16
2.3.1	Lluvia de ideas	16
2.3.2	Diagrama Ishikawa.....	16
2.3.3	Matriz causa efecto	17
2.3.4	Validación de causas raíces.....	19
2.3.5	Validación: Deformación de la mesa de corte	19
2.3.6	Validación: Desviación de la sierra circular	22
2.3.7	Validación: Falta de aplicación de procedimientos.....	24
2.3.8	Análisis de los 5 Por qué's.....	26
2.4	Análisis de soluciones.....	27
2.4.1	Lluvia de ideas	27
2.4.2	Priorización de soluciones.....	28
2.5	Descripción de soluciones seleccionadas.....	30
2.5.1	Adecuación de la mesa actual de trabajo.....	30
2.5.2	Mantenimiento correctivo y verificación de la alineación de la sierra circular.....	30
	CAPÍTULO 3.....	31
3.	Resultados	31
3.1	Implementación de soluciones.....	31

3.1.1	Adecuación de la mesa de trabajo	32
3.1.2	Mantenimiento correctivo y verificación de la alineación de sierra circular	33
3.1.3	Actualización e inducción de los procedimientos de corte	33
3.2	Resultados de la implementación	33
3.3	Análisis financiero	35
3.3.1	Definición de costos	32
3.3.2	Análisis VPN	33
CAPÍTULO 4	.....	38
4.	Discusión y Conclusiones	38
4.1	Conclusiones	38
4.2	Recomendaciones	38
BIBLIOGRAFÍA	.....	40
5.	Bibliografía	40
APÉNDICES	.....	41
APÉNDICE A	.....	42
APÉNDICE B	.....	48

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
VPN	Valor Presente Neto
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve and Control (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar)
SIPOC	Supplier, Inputs, Process, Outputs, Client (Proveedor, Entradas, Proceso, Salidas, Cliente)
VOC	Voice Of Client (Voz del Cliente)
GAP	Diferencia entre dos valores
CFN	Corporación Financiera Nacional
V_f	Valor Final
V₀	Valor inicial
%R	Porcentaje de reducción
Smart	Specific, Measurable, Achievable, Realistic ,Time related (Específico, Medible, Alcanzable, Realistico, Tiempo)
ITY	Porcentaje de rendimiento del proceso
NVA	Non-Valued Added (No Agrega Valor)
VA	Value Added (Agrega Valor)
E/S	Entradas o salidas
ANOVA	Análisis de varianza
6M	Medio Ambiente, Mano de Obra, Materiales, Método, Maquinaria, Mediciones
No.	Número
BSC	Balanced Scorecard
n	tamaño de muestra
FOR MVD 002	Código de documento de registro de producción
FOR RYA 011	Código de documento de registro de producción

SIMBOLOGÍA

BFT	Boardfeet (pie tablar)
cm	Centímetros
mm	Milímetros

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Desperdicio en el proceso de aserrado	2
Figura 1.2. Matriz VOC	3
Figura 1.3. Diagrama SIPOC	6
Figura 1.4. Equipo de trabajo DMAIC	7
Figura 2.1. Macro Mapa de Procesos	9
Figura 2.2. Diagrama del flujo de proceso	10
Figura 2.3. Mapa detallado del proceso.....	11
Figura 2.4. Foto de archivo histórico.....	13
Figura 2.5. Plantilla excel para tabular.....	14
Figura 2.6. Diagrama de cajas del porcentaje de desperdicio por aserrío	15
Figura 2.7. Reunión lluvia de ideas.....	16
Figura 2.8. Diagrama ISHIKAWA.....	17
Figura 2.9. Matriz Causa Efecto.....	18
Figura 2.10. Foto de la superficie de la mesa	20
Figura 2.11. Foto de defecto de la mesa	20
Figura 2.12. Foto del sentido de corte de madera	21
Figura 2.13. Foto de la forma de los desperdicios	21
Figura 2.14. Box Plot prueba de hipótesis para la medida 6,98 cm.....	22
Figura 2.15. Box Plot prueba de hipótesis para la medida 9,52 cm.....	23
Figura 2.16. Gráfico de correlación de Desperdicio vs Número de Cortes	25
Figura 2.17. Matriz de análisis 5 Por qué's.....	27
Figura 2.18. Matriz de soluciones	28
Figura 2.19. Matriz de criterio para soluciones	29
Figura 3.1. Prueba T para diferencia de medias	34
Figura 3.2. Prueba T para medida 6,98 cm	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Tamaños de muestra	12
Tabla 2.2. Plan de recolección de datos	12
Tabla 2.3. Plan de validación de causas.....	19
Tabla 2.4. Clasificación de palmos y número de cortes.....	24
Tabla 2.5. Resultados de Prueba de hipótesis para la media de número de cortes ..	25
Tabla 3.1. Matriz de implementación de soluciones	31
Tabla 3.2. Flujo de costos sin implementación	36
Tabla 3.3. Flujo de costos con implementación	36

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La industria de la Balsa, en su modelo de negocio, representa un impulso al desarrollo económico del país. Además de dinamizar la economía local en su zona de influencia, es también una fuente de empleos directos, así como indirectos entre otros beneficios, pero de la misma forma presenta desventajas como la demanda de una enorme cantidad de recursos naturales. Si la explotación de este material no se trata de manera adecuada puede tener un gran impacto en el medio ambiente, de aquí la importancia de reducir al máximo posible el desperdicio de estos recursos. (El País, 2017).

1.1 Antecedentes

La empresa comercializadora de bloques encolados de madera balsa fue una de las primeras en incursionar en este modelo de negocio en la ciudad de Santo Domingo hace más de 40 años.

Desde los inicios, en su creación hasta la actualidad, la competencia ha crecido considerablemente. El clima es otro factor que genera dificultad al momento de cosechar la madera, a tal punto que, en ciertas épocas del año, esta escasea debido a que la oferta de la madera cosechada no ha incrementado, mientras que la demanda de la misma sí, ocasionando que el costo de la materia prima se eleve.

1.2 Descripción del problema

En la producción de bloques encolados de madera Balsa existe una gran problemática alrededor del aprovechamiento de la madera, esto se debe a las grandes cantidades de desperdicio que se generan durante el proceso (Banda, Ecuador's Blasa, 1943).

La Balsa es una de las familias de la madera que posee particularidades propias de la misma, tales como los defectos en los troncos, que contribuyen al incremento en el desperdicio. Por tal motivo, es necesario el desarrollo de metodologías y sistemas que ayuden a mitigar en alguna medida este problema.

La empresa en la actualidad maneja un indicador que les permite determinar si la compra de un lote de madera es rentable o no, además en el último año también

se enfocaron en el desperdicio, generando documentos e informes que permiten realizar mediciones del mismo.

Luego de realizar el levantamiento de información para el proceso de aserrado, se pudo determinar que este proceso tiene un alto índice de desperdicio producto del corte de madera. Durante la revisión de los documentos del último año se calculó el índice de desperdicio mensual, obteniendo en promedio un índice de desperdicio por corte de madera de 52,1%, mientras que el de la competencia para el mismo proceso es de 43,7%, como se puede observar en la Figura 1.1 a continuación.

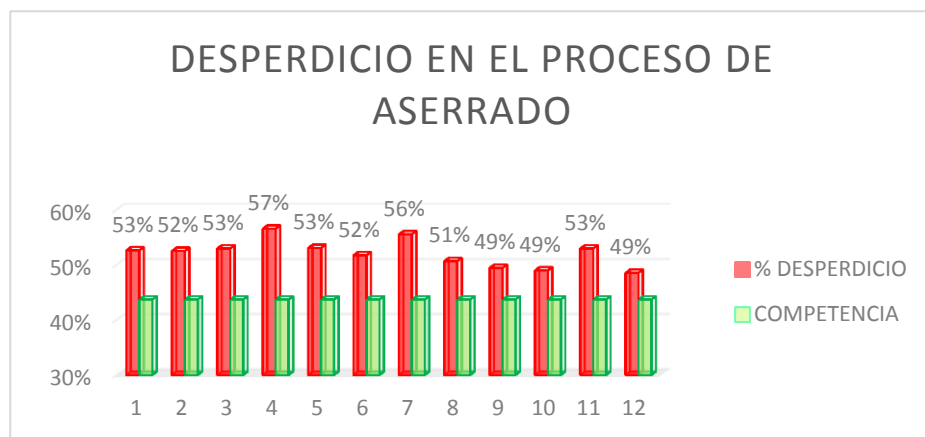


Figura 1.1. Desperdicio en el proceso de aserrado

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

1.3 Matriz VOC

La matriz de VOC (Carneiro, 2014) nos permite entender los requerimientos del cliente del proyecto, estos pueden ser tanto internos como externos. Para este caso el cliente es interno.

Para la elaboración de la matriz VOC se realizó un grupo focal con la participación del Gerente general, el Gerente de planta y el contador. Ellos expresaron sus necesidades, además de indicarnos cuales eran sus necesidades con respecto al proceso de aserrado.

Matriz VOC		
VOC / QUEJAS (voz del cliente)	Características de calidad / Problema clave	CTQ's Necesidades (críticos para la calidad)
No se tiene certeza sobre los costos reales de la materia prima.	El proceso de asignación de pagos está basado en un sistema antiguo e inexacto.	Elaborar un nuevo modelo de pago.
	Los resultados indican pérdidas.	Reducir el porcentaje de desperdicio.
	Los costos de la madera son altos.	Reducir los costos por BFT.
Existe dificultad en la obtención de la materia prima.	Ha disminuido la compra de viajes de madera.	Incrementar el número de BFT por viaje.
El rendimiento de trozas de madera similares es variable.	Los BFT del sistema no representan los BFT reales	
Los defectos se van corrigiendo en el proceso (resanado de la madera).	El desperdicio de madera en el proceso es alto.	Reducir el porcentaje de desperdicio.
La maquinaria es antigua.	Las máquinas tienen más de 20 años de vida útil.	Reducir el número promedio de años de la vida útil de las máquinas.

Figura 1.2. Matriz VOC

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

1.4 Variable de interés

La variable que se selecciona para realizar el estudio, con la que se medirá el cumplimiento de los objetivos del proyecto, es el porcentaje de desperdicio en el proceso de aserrado, la misma que se define como:

$$Y: \% \text{ desperdicio}$$

$$Y = \left[1 - \left(\frac{V_f}{V_0} \right) \right] \times 100\%$$

Donde,

V_f : Volumen final en BFT (después del proceso de aserrado)

V_0 : Volumen inicial en BFT (antes del proceso de aserrado)

La variable % Desperdicio es una variable continua de tipo cualitativa, además de ser una variable adimensional, ya que en su cálculo se eliminan unidades de medida, que en este caso serían los BFT Board Feet (D., 2006).

1.5 Objetivos

1.5.1 Determinación del objetivo

Para la definición del objetivo de este proyecto se consideró la variable % Desperdicio como el promedio de los desperdicios en el periodo designado (12 meses), y el Benchmark como el mejor valor alcanzado en toda la serie temporal de los valores observados.

Para determinar el objetivo se emplea la siguiente formula:

$$\text{Objetivo} = \text{Promedio} - (\%R \times GAP)$$

Donde %R es el porcentaje de la reducción, acordado con el equipo de trabajo, quedando establecido en 75%, y el GAP ,la diferencia entre el promedio y el Benchmark.

1.5.2 Objetivo General

Reducir el desperdicio de madera en el proceso de aserrado utilizando la metodología DMAIC, con la finalidad de reducir los costos por compra de materia prima, generando ventaja competitiva frente a la competencia.

1.5.3 Objetivos Específicos

- Reducir en un 2,7% el porcentaje de desperdicio promedio en el proceso de aserrado.
- Identificar las principales causas raíces que generan los desperdicios en el proceso de aserrado.
- Proponer soluciones viables y estándares que permitan la sostenibilidad del proceso.

1.6 Alcance

Este trabajo está diseñado para que se ejecute en un tiempo de 18 semanas, y se centrará en el estudio del desperdicio por corte de madera en el proceso de aserrado, en la empresa objeto del estudio. El proyecto involucra al puesto de trabajo aserrío, y el personal de interés son los aserradores, calificadores, y los Gerentes de planta y general.

1.6.1 SIPOC

Para la elaboración del diagrama SIPOC (Bresley, 2005), se observaron las entradas y las salidas involucradas dentro del proceso de aserrío. Para esto, primero se observó el proceso de calificación de madera, en el que se entrevistó a los proveedores y a los encargados de la calificación.

Luego de la valoración, las trozas de madera son transportadas a los aserraderos, en donde son cortadas y transformadas en listones. En las estaciones de aserrío se utilizan guías de corte y la experiencia de los operadores, que se sienten confiados basados en sus años de práctica. Al finalizar el proceso de aserrado, los listones son clasificados y apilados en castillos según la medida en la que fueron cortados.

Posteriormente, los castillos de las diferentes medidas son transportados a los hornos, en donde continúan con el proceso productivo.

Se pudo determinar que, para los proveedores en épocas de mal clima, el proceso de cosecha de la madera se complica de manera considerable, por lo cual la madera escasea, y por ende los proveedores suben el costo de la misma al comercializarla. A continuación se puede observar el proceso mencionado en el diagrama SIPOC de la Figura 1.3.

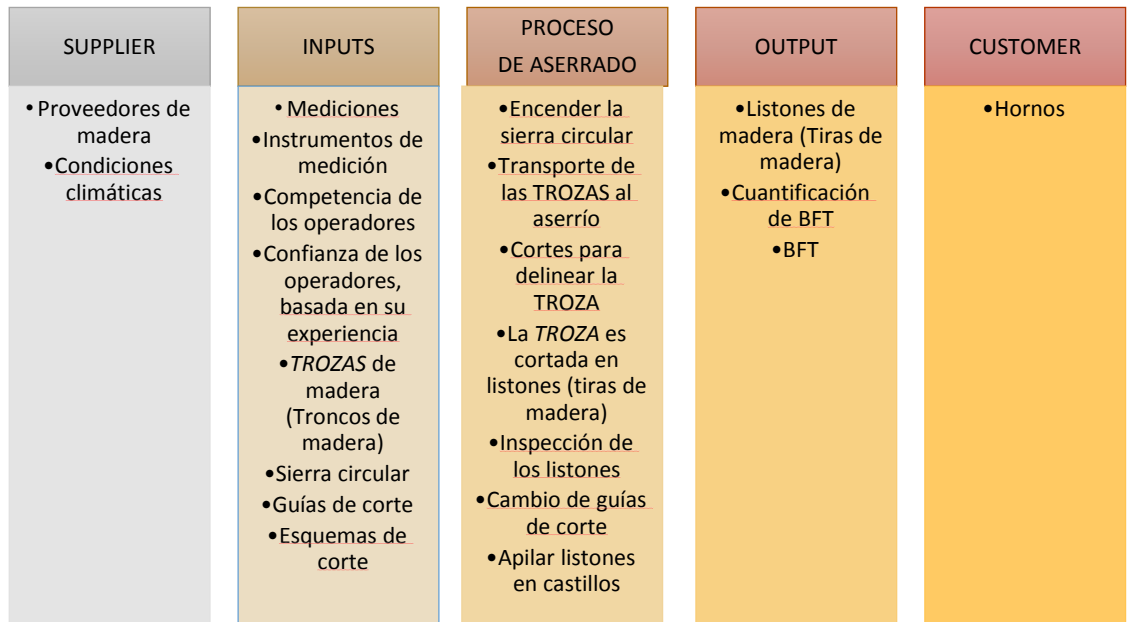


Figura 1.3. Diagrama SIPOC

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

1.7 Equipo de trabajo

Para la ejecución de este trabajo, se estableció un equipo que cuenta con las personas de interés y que intervienen en el proyecto. El equipo está conformado por el patrocinador del proyecto, que en este caso es el Gerente General, el líder del proceso en la planta o Gerente de la planta, el supervisor de producción, el administrador y los líderes del proyecto. El conjunto de trabajo se muestra en la Figura 1.4 siguiente.



Figura 1.4. Equipo de trabajo DMAIC

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

1.8 Marco teórico

1.8.1 Metodología DMAIC

DMAIC es el acrónimo para definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, y es una herramienta de mejoramiento continuo para encontrar y validar las causas raíces en torno a una problemática, las mismas que sean empleadas como una guía en la generación de soluciones de alto impacto que sean viables y permitan alcanzar los objetivos propuestos. La metodología se desarrolla en 5 etapas.

La etapa de definir conlleva la definición del problema, establecimiento de objetivos *Smart*, y la determinación del alcance del proyecto con los actores claves involucrados y restricciones del mismo. También se recopilan las necesidades del cliente, que sirven para definir la métrica con la que se van a realizar las mediciones a lo largo del trabajo. En este punto, es importante contar con data histórica que sea relevante al problema a estudiar y que proporcione una idea de la situación objeto de estudio.

En la segunda etapa, Medir, se deberá realizar un plan de recolección de datos para el levantamiento de información el cual detalle el tipo de variables a medir, de tipo cualitativo o cuantitativo, o una mezcla de ambas, la descripción de las variables, dónde se realizará la medición o toma de datos, el tamaño de muestra y el método de recolección. Esta información servirá como base para evaluar la situación actual. Es importante que la data recolectada en esta fase sea confiable.

El tercer paso de esta metodología es el análisis de la información obtenida, a través de métodos de generación y validación de posibles causas, las cuales deben ser consistentes con el problema definido al inicio del estudio, y deben ser debidamente fundamentadas. El objetivo de esta etapa es encontrar las causas raíces que dan origen al problema.

Las mejoras corresponden a la cuarta etapa. Para este punto se debe identificar las posibles soluciones y realizar una priorización de las mismas, para seleccionar aquellas que tengan más impacto en el problema. Se elabora el Plan de implementación de soluciones, especificando todos los detalles correspondientes a la ejecución de las soluciones elegidas, y se analizan los resultados post – implementación.

El paso final corresponde a controlar. Ahora que se tienen los resultados de la implementación, se deben generar parámetros que permitan el control del problema luego de la ejecución de soluciones. Se determinan las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Plan de recolección de datos

Para el plan de recolección de datos se realizó un análisis del macro proceso, para tener una visión y entendimiento general, hasta llegar al análisis detallado del mismo analizando entradas y salidas, y de esta forma obtener las posibles variables de relevancia que afecten la variable objeto del proyecto, en este caso el porcentaje de desperdicio.

2.1.1 Macro mapa de procesos

En el macro mapa de procesos siguiente (Bresley, 2005) se pueden observar los procesos generales para fabricar los bloques encolados de madera balsa.



Figura 2.1. Macro Mapa de Procesos

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

Podemos encontrar en la figura 2.1 anterior, el rendimiento de cada uno de los procesos, y se puede observar que el proceso de aserrado tiene el rendimiento más bajo de todo el proceso productivo.

2.1.2 Diagrama de flujo de procesos

En el diagrama de flujo de procesos se hace énfasis en el análisis del proceso de aserrado y sus diferentes actividades, identificando aquellas que agregan valor, los documentos que intervienen y las diferentes interacciones.

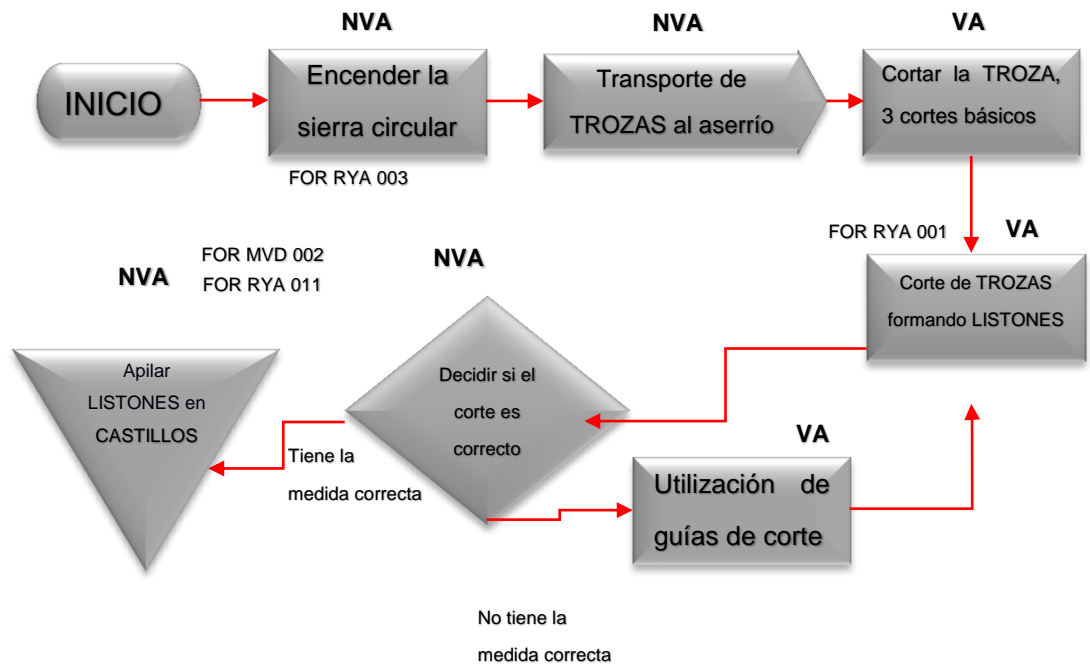


Figura 2.2. Diagrama del flujo de proceso

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

En la figura 2.2 anterior se observa que no todos los procesos agregan valor. Los subprocesos de corte de Trozas, guías de corte y corte de listones son los más influyentes en el proceso.

2.1.3 Mapa detallado del proceso

En el mapa de la Figura 2.3 siguiente, se identifican las entradas y salidas de materiales, si son controlables o no, esto nos permite tener una visión más clara y poder determinar las posibles variables que influenciarán en nuestro estudio.

Pasos del proceso	VA / NVA	Documento	Entradas y Salidas	E / S	Especificaciones
Encender la Sierra circular	NVA		Dar arranque al motor	Entrada	Radwag
			Combustible	Entrada	Diesel
Transporte de TROZAS	NVA		TROZAS de madera	Entrada	Perímetro
Primer Corte	VA		TROZAS de madera	Entrada	Perímetro

Figura 2.3. Mapa detallado del proceso

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

Continúa Figura 2.3.

			Cuchilla circular	Entrada	18 aspas – dientes de 0,5 cm
			Aserrín	Salida	
			TROZA cortada	Salida	
Corte de TROZAS	VA	FOR RYA 001	TROZAS de madera	Entrada	Perímetro
			Cuchilla circular	Entrada	18 aspas – dientes de 0,5 cm
			Aserrín	Salida	
			Desperdicio en trozos	Salida	
			Listones	Salida	3" / 2" ½ / 2" / 1" / ½ / 1" / 7/8"
Cambio de guías de corte	VA	FOR RYA 001	Guías de corte	Entrada	1,5 cm / 2,4 cm / 3,75 cm / 5,3 cm / 6,3 cm
			Listones	Salida	3" / 2" ½ / 2" / 1" / ½ / 1" / 7/8"
Apilan en castillos	NVA	FOR MVD 001 / FOR RYA 011	Listones	Entrada	3" / 2" ½ / 2" / 1" / ½ / 1" / 7/8"
			Plantillas	Entrada	93" de longitud
			Castillos	Entrada	15 plantillas

2.1.4 Tamaño de la muestra

Para poder determinar el tamaño de la muestra (Bresley, 2005) se utilizará la siguiente formula:

$$n = \frac{Z^2 \times s^2}{d^2}$$

En donde:

- n = es el tamaño mínimo de la muestra
- Z = representa el nivel de confianza, es recomendable usar 1,96 que representa el 95% de confianza.
- S = representa la estimación de la desviación estándar de los datos.
- d = representa el nivel de precisión de la muestra. La diferencia que se espera detectar.

Para llegar al tamaño mínimo de la muestra se realizó un primer ensayo, en el cual se realizaron los cálculos para obtener los resultados que se muestran en la Tabla 2.1 a continuación.

Tabla 2.1. Tamaños de muestra

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

	Medida 9,52 cm	Medida 6,98 cm	Número de Cortes	Número de Listones	Valor Inicial	Valor final
z^2	3,841	3,841	3,841	3,841	3,841	3,841
s^2	0,0780	0,111	18,576	4,477	217,562	48,818
d^2	0,005	0,005	1,566	0,3776	18,361	4,116
n	50,580	85,572	45,562	45,551	45,519	45,554
n	51	86	46	46	46	46

A continuación del cálculo del tamaño mínimo de la muestra, en la Tabla 2.2 siguiente se presentan las potenciales variables que tienen influencia en el desperdicio.

Tabla 2.2. Plan de recolección de datos

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

Tipo de dato	Métrica	Definición operacional	Muestra	Origen y locación	Método de recolección
Variables Cuantitativas	Volumen Inicial	Medición del perímetro de la TROZA antes de ingresar al aserrío	46	En las TROZAS antes de entrar al aserrío	Cinta métrica (cm)
	Volumen Final	Medición del alto y ancho de cada Listón producto de corte de cada troza	46	En los LISTONES después de terminar el proceso de serrado	Cinta métrica (cm)
	Desviación lateral de la sierra	Medición de la distancia de la desviación de la sierra	1	En la sierra circular de los aserríos	Palpador de carátula en (mm)
	Desviación de las guías de corte	Medición de la distancia de las guías de corte y la sierra circular	1	En las guías de corte de los aserríos	Calibrador Vernier en (mm)
	Número de cortes	Medición del número de veces que se corta la TROZA en el proceso de aserrado	46	Durante el proceso de aserrío	Contar
	Número de listones	Medición del número de LISTONES resultado del corte de 1 troza	46	Producto final del proceso de aserrío	Contar
	Medida 9,52 cm	Una de las medidas de los listones resultados del proceso de aserrado	51	Medida de las especificaciones del producto	Flexómetro (cm)
	Medida 6,98 cm	Una de las medidas de los listones resultados del proceso de aserrado	86	Medida de las especificaciones del producto	Flexómetro (cm)
Variables Cualitativas	Número de Aserrío	Número del aserrío donde se realiza el proceso de corte	48	En los aserríos	Número de aserrío

2.1.5 Confiabilidad de los datos

Todos los datos recolectados para realizar el análisis de la línea temporal fueron tomados de los archivos físicos históricos, que se encontraban en las oficinas de la empresa, ya que no cuentan con un sistema informático que almacene y organice los archivos. En la Figura 2.4 a continuación se muestra el formato que emplean.

DETALLE DE TUCOS		COSTO X BFT:					TOTAL BFT	
OBSERVACIONES:		LARGO					TOTAL A PAGAR:	
ASPECTO DE LA CARGA		PALMO	1.3	2.4	1	2.6	ASPECTO DE LA MADERA	
Medidas del cajón:		2	40		2		Muy bueno	
		3	66		18		Bueno	
Medidas de la madera cargada:		3.5	53		5		Regular	
		4	39		2		DEFECTOS PREDOMINANTE	
Cambio lleno		4.5	12				Corazón de agua	
Cambio con vacíos		5					Menguas	
Bién acomodado		5.5					Corazón profundo	
Mal acomodado		6					Rajaduras	
Medidas de los espacios vacíos:		6.5					Nudos	
		7					Podredumbre	
		TOTAL	170.00	-	25.00	-	Muy Manchada	

	X TROZAS					POR PALMOS				
	2	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7
TUCOS	20.77	39.92	28.42	20.27	6	0	0	0	0	0
TROZAS/PALMOS	20.77	119.76	99.47	81.08	27	0	0	0	0	0
COSTO	1	1.25	1.2500	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
DOLARES	20.77	149.70	124.34	182.43	60.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FACTOR	3.8250	4.0000	5.2286	6.7500	9.4000	7.0800	8.8364	6.8500	0.0000	0.0000
BFT MINIMO	158.89	479.04	520.09	547.29	253.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	0.00%					0.00%				

ANTICIPO:	EGRESO	FECHA	VALOR	EGRESO #	BANCO:	# CHEQUE
			0.00	250004706	BOLIVA	
				LIQ COMPRA	18,922.00	#RETENC
						8,276.00
						CODIGO

OBSERVACIONES: PAG. V# 5

REVISADO POR: **INGRESADO CONSECUTIVO**

SUPERVISADO POR:

RECIBIDO POR:

C.C.#

Figura 2.4. Foto de archivo histórico

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

Los datos que se utilizaron en el análisis del desperdicio se recolectaron en el proceso de aserrado, directamente en el puesto de trabajo, y se tabularon en la plantilla de Excel de la Figura 2.5 siguiente, en donde se realizaron los cálculos respectivos.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following structure:

- Worksheet Name:** RECOLECCIÓN DE DATOS ASERRÍO S
- Columns:** Multiple columns labeled 'Ancho' (width) and 'W' (weight), with some columns containing numerical values and others containing formulas or empty cells.
- Rows:** Rows numbered 1 through 35, each representing a different type of saw or measurement.
- Formulas:** Some cells contain formulas, such as $\frac{W}{L}$ and $\frac{W}{L} \times 100$, indicating calculations of weight per length and percentage.
- Status Bar:** Shows 'FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DTOS' and 'PLAN DE RECOLECCIN DE DATOS'.

Figura 2.5. Plantilla de Excel para tabular

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

2.2 Estratificación

El objetivo del proceso de estratificación (Raisinghani, 2005), es obtener una visión más clara del problema y así llegar con un enfoque más preciso a la solución. Se realizaron estratificaciones a partir de los desperdicios de los diferentes aserríos.

Sólo se obtuvo un nivel de estratificación, debido a que se trata de un proceso relativamente sencillo. Además, se realizó un análisis de los desperdicios por aserrío, los cuales permitieron determinar dónde se encuentra ubicado el foco del desperdicio para poder realizar el análisis.

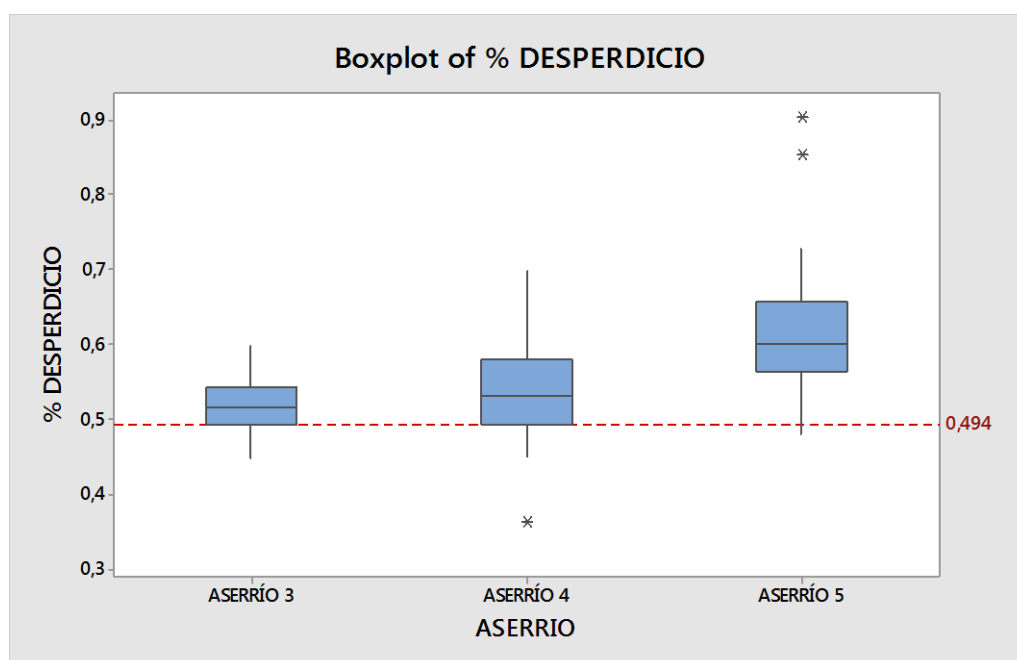


Figura 2.6. Diagrama de cajas del porcentaje de desperdicio por aserrío

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

En la empresa de estudio, al momento del análisis sólo se encontraban habilitados los aserríos número 3, 4 y 5. En el gráfico 2.6 anterior, se puede observar cómo se distribuyen los desperdicios en los diferentes aserríos, siendo el aserrío 5 el que en promedio representa el mayor porcentaje de desperdicio. Para verificar esta información se realizó una prueba Anova One Way, para determinar si existen diferencias significativas entre los promedios de los porcentajes de los desperdicios por aserrío. Los resultados de la prueba se detallan a continuación.

Anova One Way - Fisher Pairwise Comparisons

Información de agrupamiento usando Método de menor diferencia significativa y 95% de confianza.

ASERRIO	Muestra	Media	Grupo
ASERRÍO 5	48	0,6150	A
ASERRÍO 4	48	0,53691	B
ASERRÍO 3	48	0,51667	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente distintas.

Como se aprecia en la prueba Anova anterior, el porcentaje de desperdicio del aserrío 5 presenta diferencias significativas con respecto al de los aserríos 3 y 4, por lo que se puede concluir que es la estación de aserrío donde se encuentra focalizado el problema.

2.3 Análisis de causas

2.3.1 Lluvia de ideas

Para la etapa de análisis, se formó un grupo con los involucrados directamente con el proceso y la maquinaria. La reunión se realizó en el aserrío 5, como se observa en la Figura 2.7, lugar que quedó determinado como foco del desperdicio para el proceso de aserrado.



Figura 2.7. Reunión lluvia de ideas

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

En la lluvia de ideas participaron: el gerente de planta, el técnico de mantenimiento, los dos operarios de los aserraderos, y los líderes del proyecto. En conjunto se pudo determinar posibles causas que dan origen a los altos porcentajes de desperdicio generados en el aserrío 5.

2.3.2 Diagrama Ishikawa

Para la elaboración del diagrama de Ishikawa (Bresley, 2005), que se muestra en la Figura 2.8 a continuación, se unificaron algunas propuestas de las posibles soluciones del problema y se clasificaron en la respectiva categoría 6M.

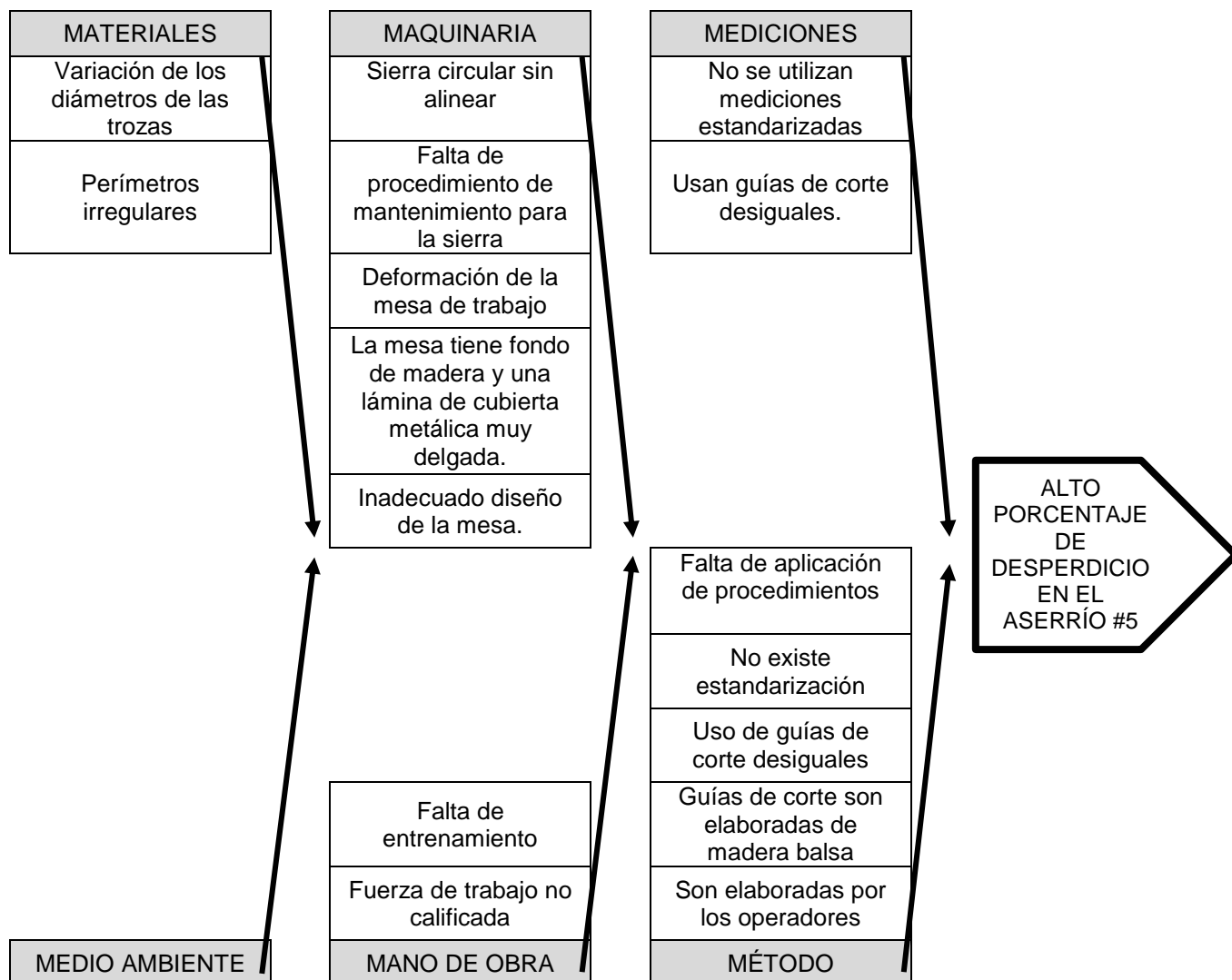


Figura 2.8. Diagrama ISHIKAWA

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

2.3.3 Matriz causa efecto

Debido a que todas las soluciones no pueden ser analizadas, estas deben ser priorizadas. Por este motivo, se elaboró la matriz de causa y efecto que se muestra a continuación en la Figura 2.9, para medir las posibles causas que generan mayor impacto en la problemática del desperdicio.

MATRIZ CAUSA - EFECTO		Variables de salida (Y)	TOTAL
		Porcentaje de Desperdicio del Aserrío 5	
Variables De Entrada (X)	CORTE DE PERFIL		
	Desviación de la sierra.		
	Perímetros irregulares.		
	CORTE DE TROZAS		
	Desviación de la sierra / guías de corte irregulares.		
	Deformación de la mesa de corte.	9	9
	Falta de mantenimiento.		
	No existe estandarización.	1	1
	Falta de capacitación a la mano de obra.		
	CAMBIO DE GUÍAS DE CORTE		
	Desviación de la sierra.	9	9
	Falta de capacitación a la mano de obra		
	Falta de aplicación de procedimientos	9	9

Figura 2.9. Matriz Causa Efecto

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

El análisis de causas fue realizado en una reunión con el equipo DMAIC, donde se discutieron las posibles afectaciones e impacto que tienen las posibles causas en el problema de análisis, y se concluyó que las principales causas generadoras de desperdicio son: La deformación de la mesa, la desviación de la sierra circular con las guías de corte y la falta de aplicación de procedimientos. Estas causas seleccionadas deben ser debidamente validadas.

2.3.4 Validación de causas raíces

Para el proceso de validación de causas raíces (Raisinghani, 2005), se preparó un plan de validación de causas. En la Tabla 2.3 siguiente se presenta los métodos de validación utilizados para cada causa:

Tabla 2.3. Plan de validación de causas

Fuente: Empresa objetivo a estudio
 Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

Causa Potencial	Teoría (Posible relación de X con Y)	Método de validación
Deformación de la mesa de corte.	Debido a la deformación de la mesa, el tronco se mueve hacia el exterior de la mesa y genera un corte diagonal	Visual: Fotografía de la deformación de la mesa, del proceso de corte, y la forma de los residuos.
Desviación de la sierra circular– Guías de corte desiguales.	Debido a la variación de la desviación de la sierra, y a la falta de estandarización de las guías de corte, las medidas de los cortes de los listones no son las requeridas para el proceso, son más pequeñas.	Diagrama de cajas, Prueba de hipótesis para la media (Requerimiento de medida para el proceso / 2 medidas fueron usadas)
Falta de aplicación de procedimientos.	Los procedimientos contemplan esquemas de corte, que no se están aplicando en el proceso.	Gráfico de dispersión, Prueba de correlación, prueba de hipótesis para la media.

2.3.5 Validación: Deformación de la mesa de corte

Se empleó el método de validación visual para determinar si la deformación de la mesa influye en el aumento del desperdicio, para lo cual se tomaron fotos de la deformación de la base de la mesa contrastada con un nivel.



Figura 2.10. Foto de la superficie de la mesa

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

En la figura 2.10 anterior, se puede observar que la mesa tiene forma cóncava en la superficie donde se desliza el tronco al ser cortado, esto genera que el movimiento del tronco al avanzar a través de la misma no sea recto.



Figura 2.11. Foto de defecto de la mesa

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

En la figura 2.11 se observa como el aserrín producto del proceso de corte, con el paso del tiempo se ha incrustado por debajo de la lámina metálica y la base de madera, generando una protuberancia que obliga a cambiar el curso de la trayectoria del corte de la madera.



Figura 2.12. Foto del sentido de corte de madera

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

Como se aprecia en la figura 2.12, el sentido de corte de la madera se ve afectado por la protuberancia generada por el aserrín, y al finalizar el corte el tronco tiende a deslizarse hacia la izquierda del aserrador.



Figura 2.13. Foto de la forma de los desperdicios

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

El efecto de este movimiento se puede observar en los desperdicios productos del proceso de corte. Como se muestra en la figura 2.13, el aserrío 5 tiene

desperdicios en forma de cuchilla, de un lado más ancho que del otro, mientras que los otros aserríos presentan desperdicios con forma laminar.

2.3.6 Validación: Desviación de la sierra circular

Para la validación de esta causa, se propuso el análisis no de la máquina, o las herramientas utilizadas, sino más bien del producto del proceso, debido que con la sierra y las guías de corte se forman las medidas requeridas (ancho de los listones) por el proceso.

Para esto, se procedió a medir los listones de dos medidas requeridas del proceso: 9,52 cm y 6,98 cm.

Validación de la medida 6,98 cm

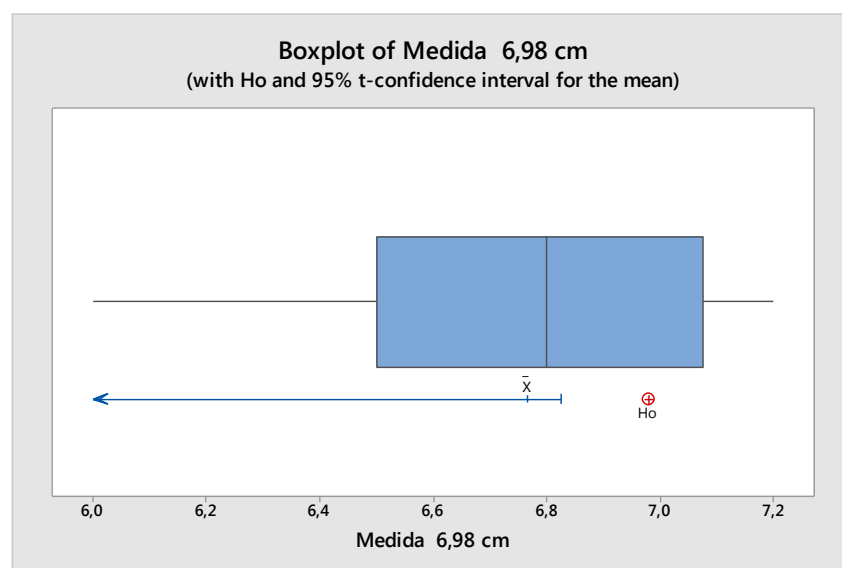


Figura 2.14. Box Plot prueba de hipótesis para la medida 6,98 cm

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

En la figura 2.14, se observa el diagrama de cajas resultante de la prueba de hipótesis para la medida 6,98 cm. La prueba planteada es la siguiente:

$$H_0: \mu = 6,98$$

$$H_1: \mu < 6,98$$

Se obtiene como resultado de la prueba un Valor P de 0,000. En el diagrama de cajas se observa que en promedio las medidas de los listones son menores a las que solicita el proceso y no cumplen la medida requerida de 6,98 cm, por lo que se puede descartar la hipótesis nula.

Validación de la medida 9,52 cm

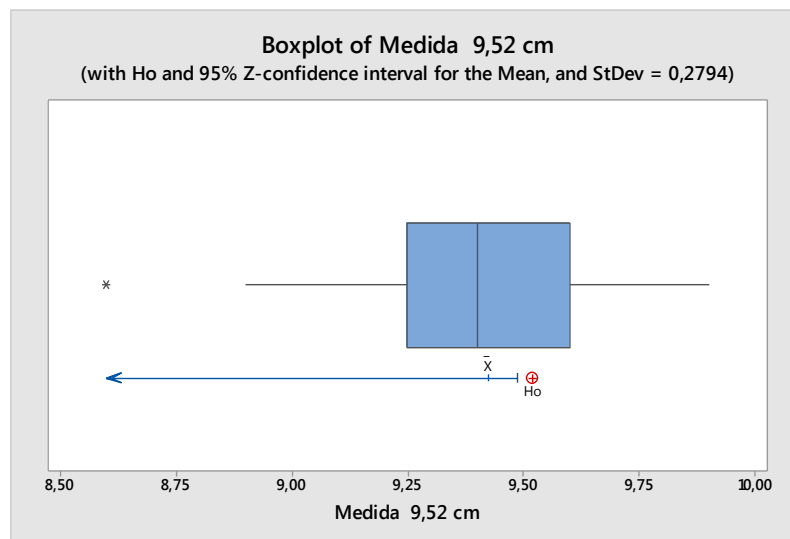


Figura 2.15. Box Plot prueba de hipótesis para la medida 9,52 cm

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

En la figura 2.15 anterior, se muestra el diagrama de cajas para la prueba de hipótesis de la medida 9,52 cm. Las hipótesis planteadas para la prueba son:

$$H_0: \mu = 9,52$$

$$H_1: \mu < 9,52$$

Se obtuvo como resultado un Valor P de 0,006. En el diagrama de cajas se observa que las medidas de los listones difieren de la medida establecida, por lo que se descarta la hipótesis nula, y se puede concluir que en el proceso no se está cumpliendo con las medidas requeridas, debido a que los listones son más pequeños de lo que se solicita.

2.3.7 Validación: Falta de aplicación de procedimientos

Para validar la falta de aplicación de procedimientos, se debe entender en primer lugar que los troncos de madera están clasificados por palmos, en donde cada palmo equivale a 22 cm, y esta medida es tomada en el perímetro del tronco.

Además, existen esquemas de cortes definidos para cada clase de palmos, y cada uno indica un número específico de cortes que deben ser realizados en los troncos.

Para dar inicio al análisis, primero se recopiló los números específicos de cortes por palmo, y se los clasificó como se muestra en la tabla 2.4 siguiente:

Tabla 2.4. Clasificación de palmos y número de cortes

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

Perímetro	Número de Palmo	Número de Cortes
0 - 66 cm	2	5
66 - 88 cm	3	8
88 - 110 cm	4	12
110 – 132 cm	5	17

Se continuó realizando una prueba de correlación, en la que se validó si existe correlación entre el volumen del desperdicio y el número de cortes. Se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson de 0,875, que equivale al 87,5% de afinidad entre estas dos variables.

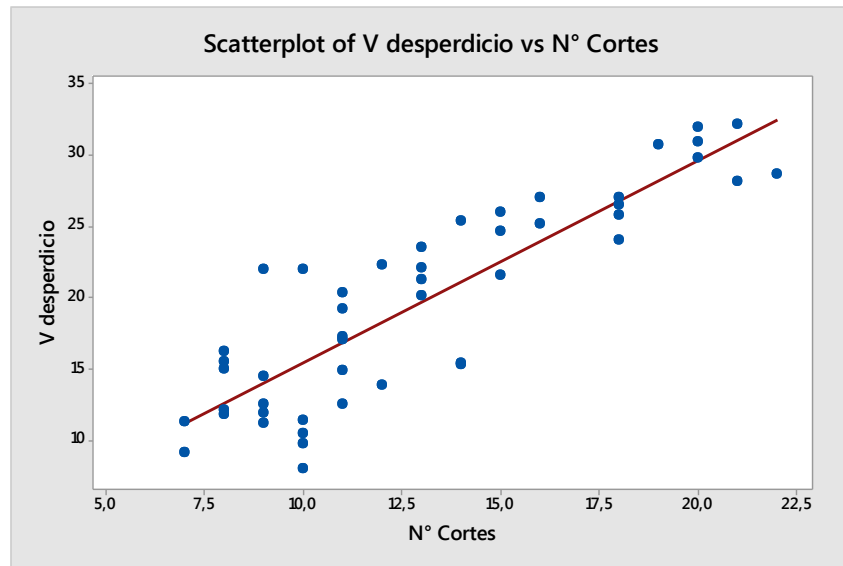


Figura 2.16. Gráfica de correlación del Desperdicio vs Número de Cortes

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

Como se puede apreciar en la Figura 2.16, existe un alto grado de correlación entre estas dos variables. A continuación, se procedió a evaluar cada una de las clasificaciones de los palmos, para determinar si los operadores estaban cumpliendo con el número de cortes establecidos por los esquemas de corte. Los resultados se muestran en la Tabla 2.5 siguiente:

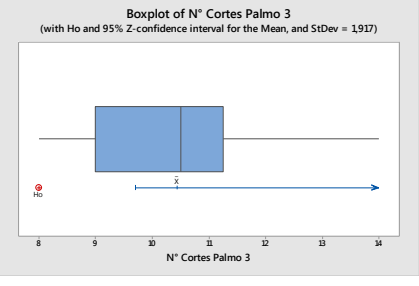
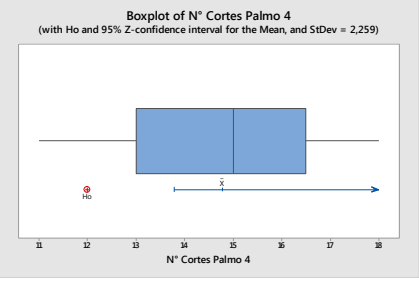
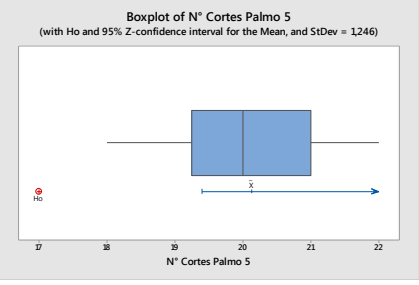
Tabla 2.5. Resultados de Prueba de hipótesis para la media del número de cortes

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

Palmo	Prueba de hipótesis	Valor P	Diagrama de cajas
2	$H_0: \mu = 5$ $H_1: \mu > 5$	0,000	

Continúa Tabla 2.5.

3	$H_0: \mu = 8$ $H_1: \mu > 8$	0,000	
4	$H_0: \mu = 12$ $H_1: \mu > 12$	0,000	
5	$H_0: \mu = 17$ $H_1: \mu > 17$	0,000	

Luego del análisis de los resultados de las pruebas, se puede concluir que, en ninguno de los casos se está cumpliendo con el número de cortes establecido por los esquemas en el manual de procedimientos de la compañía. Por lo tanto, en cada uno de los casos se rechaza la hipótesis nula.

2.3.8 Análisis de los 5 Por qué's

Una vez validadas las causas, se dio paso al análisis de la causa raíz para cada una de las posibles causas, mediante la herramienta de los 5 Por qué's (Raisinghani, 2005), para lo cual se juntó al equipo DMAIC y se desarrolló una reunión. El análisis se presenta en la Figura 2.17 a continuación:

PROBLEMA DE ESTUDIO	Por qué 1	Por qué 2	Por qué 3	Por qué 4	Por qué 5	RESULTADO DEL ANÁLISIS
Desviación de la Sierra.	¿Por qué hay un problema con la sierra? Porque no hay verificación de las condiciones de las herramientas.					No hay programa de mantenimiento para la sierra.
Falta de aplicación de procedimientos.	¿Por qué no se aplican procedimientos? Porque los operadores han adoptado su propia metodología de corte.	¿Por qué han adoptado su propia metodología? Porque la aplicación de una metodología específica no se exige.				No se aplican procedimientos de corte.
Deformación de la mesa de trabajo.	¿Por qué se deforma la mesa de corte? Debido a que la mesa pierde su forma con el peso que soporta.	¿Por qué pierde su forma con el peso? Debido a que tiene un fondo de madera y una hoja de cubierta delgada.	¿Por qué tiene un fondo de madera y una fina capa de cubierta? Porque no estaba bien diseñado.			Diseño inadecuado de la mesa de trabajo.

Figura 2.17. Matriz de análisis 5 Por qué's

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

2.4 Análisis de soluciones

2.4.1 Lluvia de ideas

Luego de encontrar las causas raíces que dan origen al desperdicio en el proceso de aserrado, se realizó una nueva reunión con el mismo grupo seleccionado para el análisis de posibles causas. En la Figura 2.18 a continuación se clasificaron las soluciones más relevantes de acuerdo a la causa raíz a la que se relacionan.

N°	Causa Raíz	Solución	Solución	Solución
1	Diseño inadecuado de la mesa de trabajo	Fabricación de una nueva mesa de trabajo	Adecuación de la mesa actual	
2	No hay programa de mantenimiento para la sierra	Diseño de un programa gerencial de mantenimiento	Mantenimiento correctivo y verificar de la alineación de la sierra	Compra de nueva maquinaria
3	No se aplican procedimientos de corte	Actualización e inducción de los procedimientos de corte		

Figura 2.18. Matriz de soluciones

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

2.4.2 Priorización de soluciones

Para elegir las soluciones que generen un mayor impacto en las causas principales del desperdicio de madera, se utiliza una matriz de criterios (Bresley, 2005). Los pesos y criterios usados para las ponderaciones se determinaron en la reunión donde se analizaron las posibles soluciones, y se detallan a continuación:

Pesos

- 0,1 = Mayor facilidad
- 0,0 = Más rapidez
- 0,0 = Mejor tecnología
- 0,5 = Alto Impacto

- 0,0 = Opinión del cliente(interno)
- 0,4 = Menos costo

Criterio de calificación

- 1 = Malo
- 2 = Medio malo
- 3 = Medio Bueno
- 4 = Bueno

En base a lo previamente planteado se evaluaron las soluciones propuestas en la matriz, y se seleccionaron después las que obtuvieron el mayor peso por rango, como se presenta en la Figura 2.19 siguiente:

SOLUCIÓN	MAYOR FACILIDAD	MÁS RAPIDEZ	MEJOR TECNOLOGÍA	ALTO IMPACTO	OPINIÓN DEL CLIENTE	MENOS COSTO	PESO TOTAL POR RANGO
PESO	0,1	0	0	0,5	0	0,4	-
<i>Diseño inadecuado de la mesa de trabajo.</i>							
Adecuación de la mesa actual.	1	0	0	4	0	4	4,1
Diseño y fabricación de una nueva mesa de trabajo.	4	0	0	2	0	2	2,4
<i>No hay programa de mantenimiento para la sierra.</i>							
Diseño de un programa gerencial de mantenimiento.	1	0	0	4	0	2	2,9
Mantenimiento correctivo y verificación para la sierra.	4	0	0	3	0	4	3,5
Compra de maquinaria nueva.	4	0	0	4	0	1	2,8
<i>No se aplican procedimientos de corte.</i>							
Actualización e inducción de los procedimientos de corte.	2	0	0	4	0	4	3,8

Figura 2.19. Matriz de criterio para soluciones

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

2.5 Descripción de soluciones seleccionadas

2.5.1 Adecuación de la mesa actual de trabajo

Reparar el tablero de la mesa de trabajo actual para que se ajuste a las necesidades del puesto de trabajo.

2.5.2 Mantenimiento correctivo y verificación de la alineación de la sierra circular

Realizar el mantenimiento de la sierra circular para corregir la desviación de las cuchillas de la sierra. También se requiere comprar un palpador de carátula, un instrumento de medición que se empleará para verificar si la sierra está alineada. Adicional, ya que la herramienta que se sugiere adquirir para realizar las mediciones es desconocida por los operadores de los aserraderos, se elaborará un instructivo donde se detalle el procedimiento para el uso del mismo.

2.5.3 Actualización e inducción de los procedimientos de corte

Los esquemas de corte presentes en el manual de procedimientos de la compañía para el proceso de aserrado se encuentran desactualizados, por lo que se requiere actualizar los esquemas para las trozas de 2, 3, 4 y 5 palmos. Luego, con los nuevos esquemas realizar una inducción a los aserradores, en el puesto de trabajo, aplicando los nuevos procedimientos en la actividad de corte de trozas.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

3.1 Implementación de soluciones

Luego de realizar la selección de las alternativas de solución, se desarrolla el plan de implementación de soluciones (Raisinghani, 2005), donde se indican todos los detalles correspondientes a cómo se va a proceder con el desarrollo de las mismas. Para cada solución se detalla de qué forma se lo hará, en qué parte se lo efectuará, la persona a cargo de la ejecución, los costos relacionados y la fecha de implementación, como se muestra en la Tabla 3.1 a continuación:

Tabla 3.1. Matriz de implementación de soluciones

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

No.	QUÉ	POR QUÉ (Causa raíz)	CÓMO	DÓNDE	QUIÉN	CUÁNTO	CUÁNDO
1	Adecuación de la mesa de trabajo.	Hay un diseño inadecuado de la mesa de trabajo.	Proyecto de construcción.	<i>Aserrío 5</i>	Asistente de mantenimiento	\$1200	18/08/2017
2	Mantenimiento correctivo y verificación de alineación de la sierra circular.	Con el mantenimiento correctivo y el instructivo para verificar la desviación se puede reducir el desperdicio producido por el uso de esta herramienta en el proceso.	Proyecto de mantenimiento correctivo – desarrollo de un instructivo de verificación.	Aserrío 5 – Taller	Asistente de Mantenimiento	\$350	18/08/2017

Continúa Tabla 3.1.

3	Actualización e inducción de los procedimientos de corte.	Falta de aplicación de procedimientos del manual.	Actualizar los esquemas de corte.	Aserrío 5 – oficinas de la planta	Alex Moya Samantha Urriola	\$0	18/08/2017
---	---	---	-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----	------------

Antes de realizar la implementación, se sostuvo una reunión en las oficinas administrativas de la empresa con la gerencia administrativa, donde fueron expuestas las causas raíces encontradas en torno al problema del desperdicio de madera generado en el proceso de aserrío, especificadas en la sección anterior, y las soluciones encontradas con el fin de difundir el plan.

3.1.1 Adecuación de la mesa de trabajo

Con ayuda del personal de mantenimiento de la planta, se cambió el tablero de la mesa de trabajo actual, que se encontraba ya deteriorado por el uso. El nuevo tablero ya no presenta las imperfecciones que generaban dificultades al momento de pasar las trozas para efectuar la operación del corte.

3.1.2 Mantenimiento correctivo y verificación de la alineación de la sierra circular

El personal de mantenimiento realizó el mantenimiento correctivo del eje de la sierra circular para corregir la desviación encontrada en las cuchillas de la sierra.

La compañía realizó la compra de un instrumento de medición, que es el palpador de carátula, según la recomendación dada, que sirve para verificar la alineación de las cuchillas de la sierra. Con este instrumento se realizará el control de este punto.

Se efectuó la inducción al personal de los aserraderos en el uso del instrumento adquirido para medir la desviación, y se hicieron prácticas en el puesto de trabajo de la manera correcta de realizar las mediciones.

Adicionalmente, se desarrolló un instructivo de procedimientos para la verificación de la alineación de la sierra usando el palpador de carátula, para que quede registrado en el manual de procedimientos de la compañía.

3.1.3 Actualización e inducción de los procedimientos de corte

Los esquemas de corte, disponibles en el manual de procedimientos de la empresa estaban desactualizados, y para la actualización de estos, se llevó a cabo una reunión con los aserradores en las oficinas de la planta, donde se les pidió que compartieran su conocimientos y observaciones sobre el aserrado de trozas de madera, debido a sus años de experiencia en el ámbito. El objetivo era que cada uno realizara un bosquejo de la forma en que se deberían cortar las trozas de madera para los palmos 2, 3, 4 y 5, según su criterio.

Una vez que ya se contaban con los bosquejos, se discutió el trabajo que cada uno había realizado y se elaboró los nuevos esquemas para los procedimientos de corte de las trozas para los palmos 2, 3, 4 y 5 en base a lo compartido por los aserradores.

Luego de la reunión, con los procedimientos ya actualizados, se ejecutó una inducción en el sitio de trabajo, de la implementación de los nuevos esquemas en la actividad de corte, y se practicó la aplicación de los procedimientos actualizados.

3.2 Resultados de la implementación

Luego de la implementación de las propuestas de solución, se realizó una nueva toma de datos en el aserrío 5, para verificar la eficacia de las acciones tomadas. Para la recolección de la data, se siguieron los lineamientos definidos en el plan de recolección de datos diseñado para el análisis de la situación inicial en los aserradores.

Usando el mismo tamaño de muestra $n=48$, empleado en el análisis de la situación de origen, se midió el volumen inicial de la troza antes de ingresar al aserradero, y el volumen final de los listones obtenidos después del proceso de aserrado.

Para procesar la información recopilada en la prueba piloto, se efectuó una prueba T para diferencia de medias, para el promedio del desperdicio antes de la implementación y el promedio luego de la implementación.

Con H_0 : La diferencia de medias de desperdicio es igual a cero, y H_1 : La diferencia de medias de desperdicio no es igual a cero, usando un nivel de confianza del 95%, se obtiene un valor P de 0.402, por lo que se rechaza la hipótesis nula al no existir suficiente evidencia estadística que compruebe que las medias del desperdicio antes de la implementación y luego de la misma sean iguales.

En la Figura 3.1 a continuación, se presentan los diagramas de cajas para cada situación, donde se puede observar la diferencia entre las medias del desperdicio producto de la ejecución de soluciones. La prueba indicó que hay una disminución del 9% en el promedio del desperdicio.

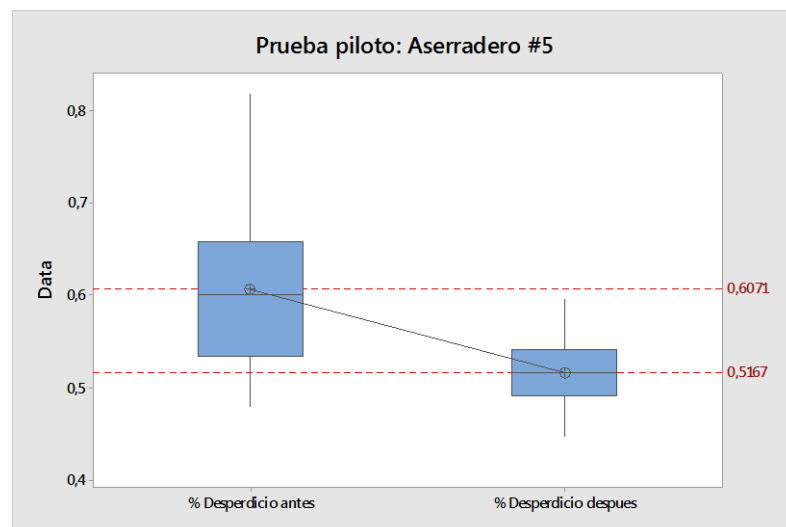


Figura 3.1. Prueba T para diferencia de medias

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

Otra de las pruebas que se efectuó para analizar el impacto de las soluciones, fue una prueba para una de las medidas requeridas en los listones. En la recolección de datos de la situación inicial, se había determinado que las medidas de los listones no cumplían los requerimientos establecidos para el proceso, por lo que se verificó si luego de la implementación la situación cambiaba.

Se realizó una prueba T para la medida 6,98 cm, con $H_0: \mu = 6,98$ cm, contra $H_1: \mu \neq 6,98$ cm, estableciendo un nivel de confianza del 95%, se obtuvo un valor P de 0.000, por lo que no se rechaza la hipótesis nula, ya que existe suficiente evidencia estadística que demuestre que la medida de los listones en promedio no es de 6,98 cm. La Figura 3.2 muestra el diagrama de cajas obtenido en la prueba.

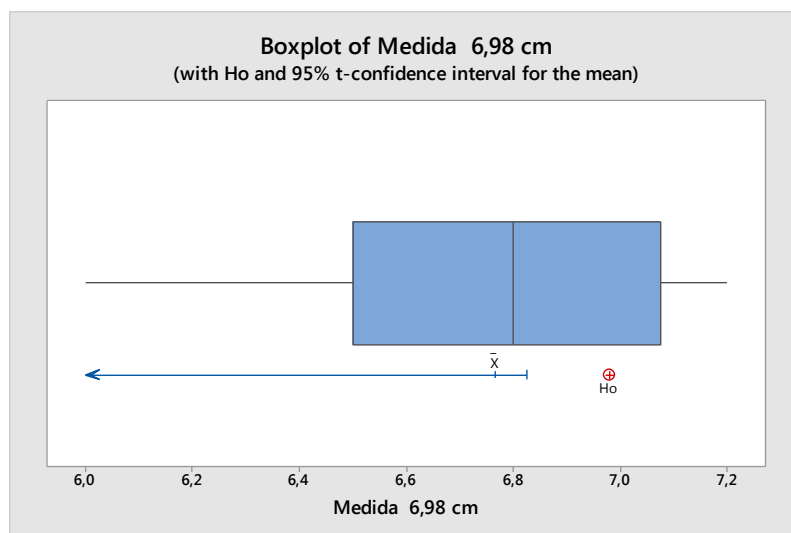


Figura 3.2. Prueba T para medida 6,98 cm

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

3.3 Análisis financiero

3.3.1 Definición de costos

Para la elaboración del análisis financiero de las soluciones implementadas, se usó el método del Valor Presente Neto (VPN) (Bresley, 2005), para la evaluación de los costos relacionados con el desarrollo de las soluciones generadas.

Para este análisis se consideró los costos detallados a continuación:

- Costos sin implementación

El Costo Anual de Operación (CAO), que es el costo de producción de BFT por año. Este valor se calculó usando la cantidad total de BFT que se produce al año, y el costo unitario por BFT producido, este último es proporcionado por la empresa, e incluye todos los gastos incurridos en la producción de 1 BFT.

- Costos con implementación

El Costo Anual de Operación, que se calculó usando la misma cantidad de BFT por año considerados antes de la implementación, y el costo unitario por BFT producido, para este último se realizó una aproximación, empleando el valor proporcionado por la empresa de BFT producido y la reducción en el porcentaje promedio de desperdicio obtenida como resultado de las soluciones en la prueba piloto.

Para este punto se incluye el costo de la ejecución de cada solución, valores también proporcionados por la empresa, especificados en el plan de implementación de soluciones.

3.3.2 Análisis VPN

Para el cálculo del Valor Presente Neto se usaron los costos detallados previamente para cada situación. Se consideró además un interés del 11% (CFN), y un periodo de evaluación igual a 3 años de duración para ambos casos. A continuación, en las tablas 3.2 y 3.3 se presentan los flujos empleados y el cálculo del VPN:

Tabla 3.2. Flujo de costos sin implementación

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

Año	0	1	2	3
Costo Anual de Operación	\$0	\$151.200	\$151.200	\$151.200
TOTAL	\$0	\$151.200	\$151.200	\$151.200
VPN	\$369.490			

Tabla 3.3. Flujo de Costos con implementación

Fuente: Empresa objetivo a estudio

Autor: Alex Moya, Samantha Urriola

Año	0	1	2	3
Costo Anual de Operación	\$0	\$137.376	\$137.376	\$137.376
Costo de mantenimiento correctivo	\$433.000	\$433.000	\$433.000	\$433.000

Continúa Tabla 3.3.

Costo de equipo de medición (palpador de carátula)	\$134	\$0	\$0	\$0
Costo de reparación de la mesa de trabajo	\$1.200	\$0	\$0	\$0
TOTAL	\$1.767	\$137.809	\$137.809	\$137.809
VPN	\$338.532			

CAPÍTULO 4

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este trabajo es de gran importancia, porque da lugar al estudio del origen de los desperdicios en la empresa, puesto que el análisis de los desperdicios no era un factor que influía dentro de la toma de decisiones dentro de la empresa, debido a que no conocían el impacto que este tenía en los costos.

El presente estudio tuvo como fortalezas el apoyo incondicional de la directiva de la misma, sin el cuál hubiera sido imposible su ejecución.

Los resultados del proyecto nos indican que la empresa está perdiendo una cantidad considerable de dinero, a causa del desperdicio de materia prima en la actividad de corte de trozas, y con las implementaciones se demostró que se llega a un importante ahorro al controlarlo y reducirlo.

Este proyecto representa la línea base para los siguientes trabajos relacionados a la reducción y control de los desperdicios en la empresa.

4.1 Conclusiones

- Las soluciones lograron tener un alto impacto en la problemática estudiada a lo largo de este trabajo, como pudo ser corroborado con los resultados obtenidos luego de la aplicación de las distintas soluciones propuestas.
- La comparación de la data recolectada después de la ejecución de la prueba piloto con la data previa, reflejó una reducción del 9% en el porcentaje de desperdicio promedio, mientras que la meta fijada al inicio del proyecto era de reducir en 2,7% el porcentaje desperdicio promedio, por lo tanto, puede ser concluido que la meta establecida para este proyecto no sólo logró ser alcanzada, sino que fue superada.
- Como fue verificado en la validación de causas, la sierra, debido al constante uso en la actividad de corte tiende a desviarse, lo que genera cortes no lineales al momento de procesar las trozas para dar forma a los listones, provocando la necesidad de reprocesar, volviendo a pasar los listones de madera por la sierra para eliminar las irregularidades, y generando un desperdicio innecesario. La sierra es la herramienta principal en el proceso de aserrado, de aquí la importancia de la verificación de la alineación de las cuchillas de la sierra.

- Los listones, que son el producto final del proceso de aserrado, no estaban cumpliendo los requerimientos establecidos para el proceso, como se verificó en las pruebas realizadas para confirmar si los listones tenían las medidas que se indicaban. Luego de las mejoras aplicadas, se efectuó nuevamente un análisis para una de las medidas, obteniendo como resultado que en promedio la mayoría de los listones alcanzaban la medida solicitada.
- Todavía en el mercado no existen máquinas automatizadas especializadas para el aserrado de madera balsa, es por esto que este proceso sigue siendo en la actualidad bastante rústico.
- La participación de todos los miembros del equipo de trabajo, y el aporte de sus ideas y conocimientos a lo largo del trabajo, fue de gran importancia para la realización de este proyecto, ya que es una industria de la cual aún no se tiene disponibilidad de mucha información.
- En términos financieros, el uso del análisis del Valor Presente Neto para contrastar el antes y después de la implementación, evidencia una considerable reducción en los costos y por consiguiente la viabilidad del proyecto. Esta reducción en costos se puede obtener gracias a la disminución en costos operacionales, que representaría un mayor aprovechamiento de la materia prima en los aserraderos.

4.2 Recomendaciones

- La forma de medición actual, empleada por los aserradores para la clasificación de las trozas de madera en palmas es inexacta, y depende de la apreciación del operador que esté ejecutando la actividad, por lo que se sugiere cambiar el método de medición a uno de mayor confiabilidad.
- El proceso de aserrado es solamente uno de los procesos involucrados en la producción de los bloques encolados de madera balsa, se recomienda realizar un estudio y evaluación de los otros procesos.
- Los indicadores son una medida de control para los procesos, por lo que el siguiente paso de este estudio debería ser la elaboración de un Balanced Scorecard (BSC), donde se levante los indicadores de control para el proceso completo.

BIBLIOGRAFÍA

5. BIBLIOGRAFÍA

Banda. (s.f.).

Banda. (1943). *Ecuador's Blasa*. Bull: Pan Am.

Bresley, S. (2005). *Fundamentos de administración financiera*. México: Mc Graw - Hill .

Carneiro, A. T. (2014). A Lean Six Sigma LSS Project management improvement model. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 912 - 920.

CFN. (s.f.). Quito.

D., O. L. (2006). Quantifying lumber value recovery from beetle-killed trees. *Canadian Forest Services*.

El País. (13 de Julio de 2017). *El País*.

Keller. (2004). *six sigma demystified a self-teaching guide*. Mcgraw-Hill.

Negocios. (13 de Julio de 2017). *El país*.

Raisinghani, M. (2005). *Six Sigma: concepts, tools, and applications*. Industrial management & Data Systems.

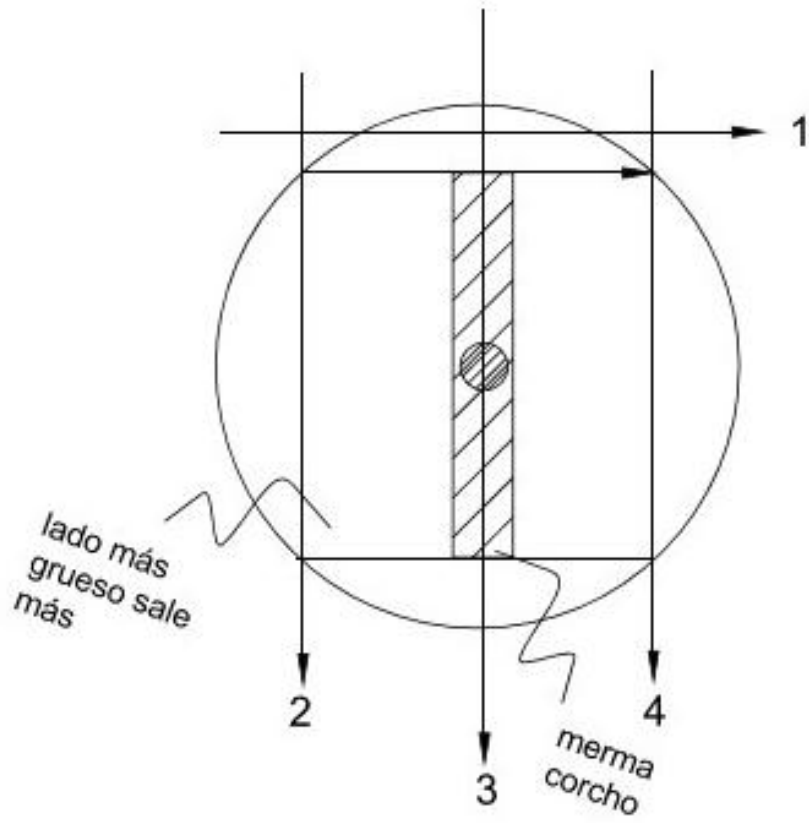
Trubitt, A. R. & Hines, R. S. (1979). *Ear training and sight-singing: An integrated approach*. New York: Schirmer.

Besley Scott, Fundamentos de administración financiera/ Scott Besley, Eugene F. Brigham: traducido por Jaime Gómez Mont, 12 edición. México Mc Graw -Hill, 2005 919 páginas.

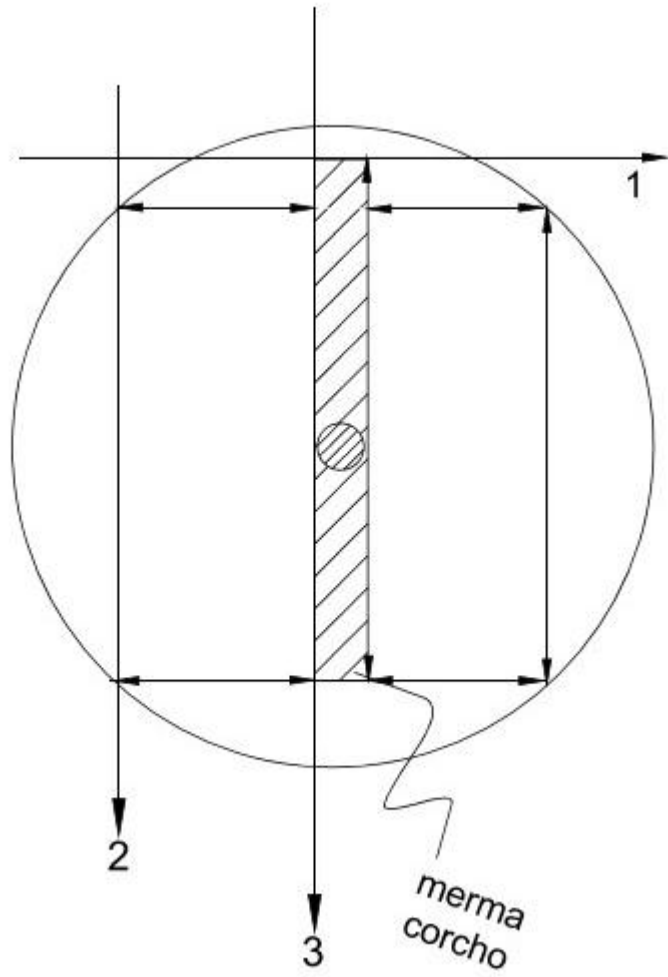
APÉNDICES

APÉNDICE A
ESQUEMAS DE CORTE ACTUALIZADOS

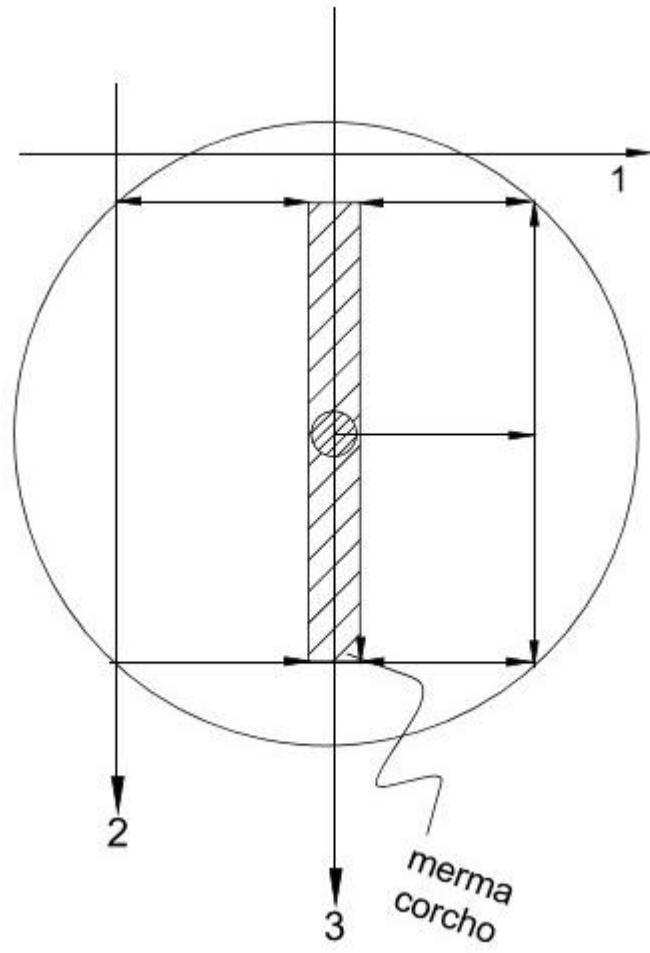
2 PALMOS



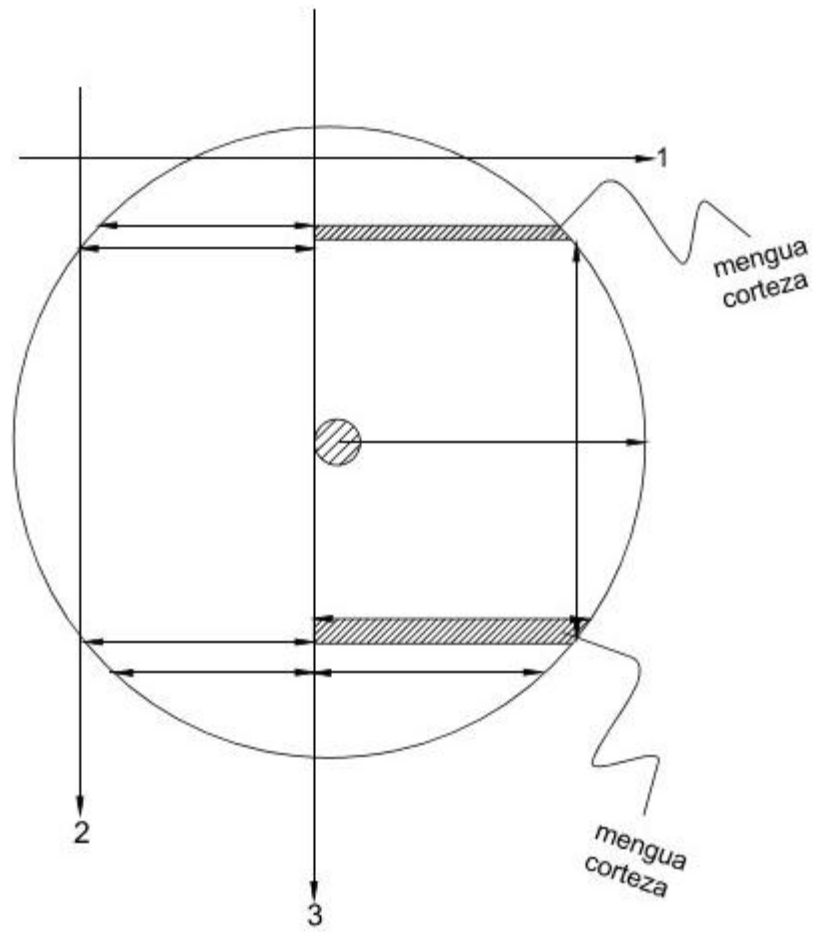
3 PALMOS PRIMERA FORMA



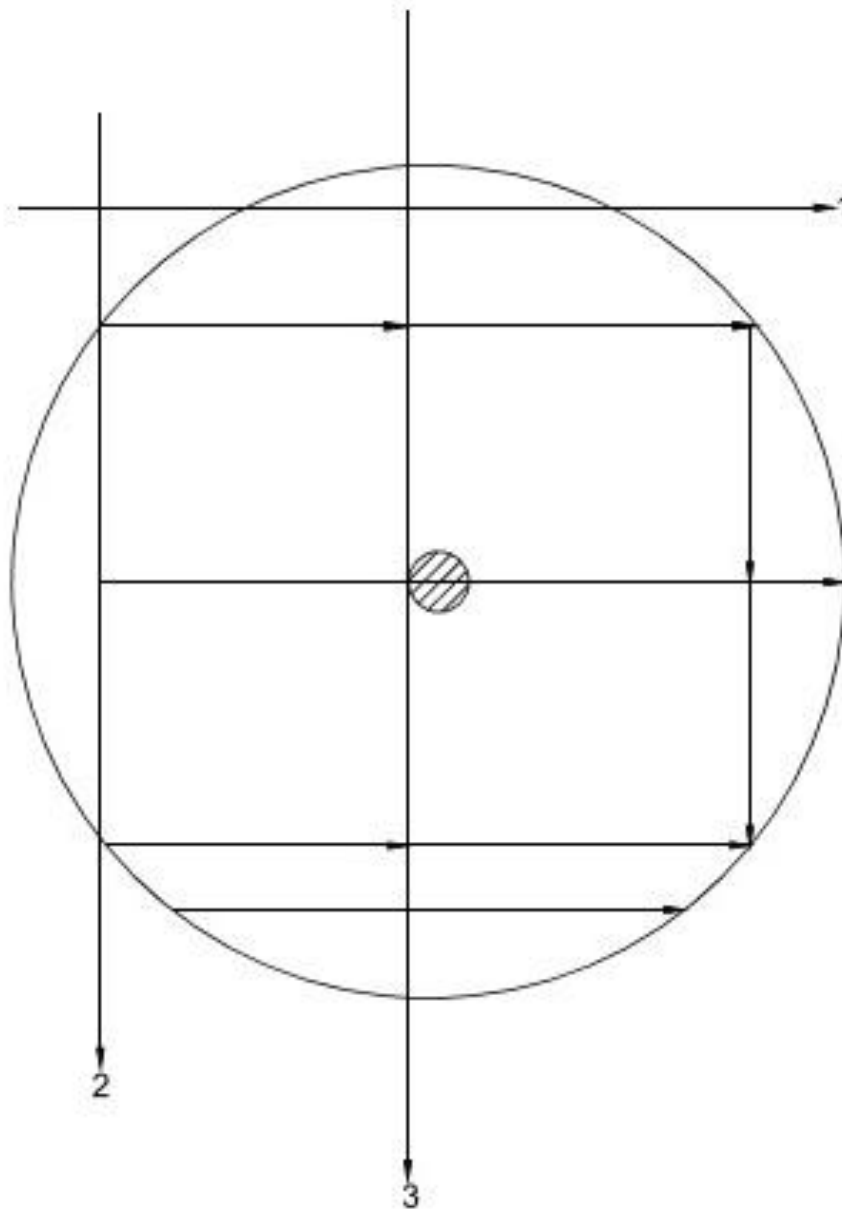
3 PALMOS SEGUNDA FORMA



4 PALMOS



5 PALMOS



APÉNDICE B
INSTRUCTIVO PARA LA MEDICIÓN DE LA DESVIACIÓN
LATERAL DE LA SIERRA

INSTRUCTIVO PARA LA MEDICIÓN DE LA DESVIACIÓN LATERAL DE LA SIERRA CIRCULAR

CONTENIDO

- 1. OBJETO**
- 2. ALCANCE**
- 3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES**
- 4. RESPONSABILIDAD**
- 5. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO**
- 6. TOLERANCIAS**
- 7. PROCEDIMIENTO POR NO CUMPLIMIENTO**
- 8. PERIODOS DE VERIFICACIÓN**

Elaboración:	Revisión:	Aprobación:
Nombre: Alex Moya C. Cargo: Tesista Fecha: 30/08/2017	Nombre: Cargo: Fecha:	Nombre: Cargo: Fecha:

Nº REVISIÓN	DETALLE MODIFICACIÓN	FECHA	RESPONSABLE

1. OBJETO

Este instructivo tiene por objeto describir el proceso de control de la desviación de la sierra circular, y las medidas a tomar en el caso de que la lectura esté por fuera de los límites establecidos en el manual de procedimientos, ya que si la desviación está fuera de control es fuente bastante importante de desperdicio de madera.

2. ALCANCE

Este instructivo es aplicable a todas las estaciones de aserrío.

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los efectos de este Procedimiento, se adoptan las definiciones contempladas en las normas NTE INEN-ISO 9000 Sistemas de Gestión de la Calidad – Fundamentos y Vocabulario. Sin embargo, se definen los siguientes términos:

- a. **Producto.** Resultado de un proceso.
- b. **Producto no conforme.** Producto que no cumple con especificaciones o requisitos establecidos, ya sea por el cliente o el sistema de gestión de la calidad.

4. RESPONSABILIDAD.

Gerente: Aprobar, cumplir y hacer cumplir el documento.

Asistente de mantenimiento: Realizar las verificaciones en el plazo establecido por el gerente de planta.

5. DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO

Para la verificación de desviación de lateral de sierra circular, se debe de seguir los siguientes pasos:

1. Encerar el reloj palpador: ajustar la carátula del reloj y llevar a cero cuando no se está realizando ninguna medición.
2. Ajustar la base magnética de tal manera que, al realizar la lectura inicial esta quede aproximadamente en la mitad de la escala de medición del reloj palpador. Es decir, si el reloj palpador tiene una escala de medición de 5mm, la lectura inicial debe quedar cerca de los 2,5mm.
3. Tomar la lectura de cada una de las 18 aspas que tiene la sierra circular, teniendo en cuenta los signos de las lecturas.
4. Anotar los resultados.
5. Obtener el promedio de las lecturas tomadas, considerando los signos originales de las lecturas.

6. TOLERANCIAS

La tolerancia máxima aceptada para la desviación de la cuchilla es de 0,45 mm de desviación.

7. PROCEDIMIENTO POR NO CUMPLIMIENTO

En el caso que la sierra circular exceda el rango permitido, esto será informado a Gerencia de planta.

8. PERIODOS DE VERIFICACIÓN

El periodo establecido para las verificaciones es de 1 mes, previo a cambios establecidos por gerencia, los que serán comunicados respectivamente.