

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

“Implementación de la metodología Kaizen para incrementar el  
rendimiento de la madera en una empresa exportadora de  
productos de balsa”

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

Presentada por:

Danny José Ortiz Mocha

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2006

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios y a mis padres por su incondicional apoyo y paciencia, a mi esposa por haber estado siempre a mi lado, a mi hijo, ya que me dió las fuerzas necesarias para concluir esta tesis y a mi amiga Denise, directora de tesis, por su gran ayuda.

## **DEDICATORIA**

A MIS PADRES  
A MI ESPOSA E HIJO  
A MIS HERMANAS  
A MIS SOBRINOS

## TRIBUNAL DE GRADUACION

---

Ing. Manuel Helguero  
PRESIDENTE

---

MSc. Ma. Denise Rodríguez Z.  
DIRECTORA DE TESIS

---

Dr. Kléber Barcia V.  
VOCAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

---

Danny Ortiz Mocha

## RESUMEN

La compañía objeto de este estudio está dedicada a la elaboración de productos de balsa para exportación. Esta compañía se encuentra en un proceso de mejoramiento para elevar el rendimiento de la madera y los índices de producción, con el fin de satisfacer el incremento de la demanda en el mercado.

Actualmente, la compañía tiene problemas en cuanto al aprovechamiento de la madera en cada uno de sus procesos productivos, ya que ésta se desperdicia en un 47%, lo que repercute negativamente en los índices de producción.

El objetivo general de esta tesis es incrementar el rendimiento de la madera en los talleres de producción, mediante la implementación de la metodología Kaizen.

Kaizen es un vocablo japonés que significa mejora continua, inventado por Masaaki Imai en la década de los '80, esta metodología sostiene lo siguiente:

- 1) Definición del problema;
- 2) Medición, la cual permitirá encontrar el índice sobre el cual se va a medir la mejora;
- 3) El análisis, en donde se discute cada una de las causas del problema mediante una lluvia de ideas, y un diagrama de espina de pescado o 6M para obtener una mejor clasificación;
- 4) Selección de la alternativa de mejora, en donde se realizará una matriz de decisión para poder obtener las mejoras más convenientes y posibles a ser analizadas. Con las mejoras propuestas se realizarán los respectivos ensayos para la selección de la más eficiente.

5) Implementación de la mejora

5)6) El análisis de los beneficios

Los resultados que se esperan con la implementación de esta metodología es el mejor aprovechamiento de la madera, disminuyendo el desperdicio en 10%, minimizando los costos y por ende maximizando las utilidades.



## INDICE GENERAL

|                                    | <b>Pág.</b> |
|------------------------------------|-------------|
| RESUMEN.....                       | II          |
| ÍNDICE GENERAL.....                | V           |
| ABREVIATURAS.....                  | VIII        |
| SIMBOLOGÍA.....                    | IX          |
| INDICE DE FIGURAS.....             | X           |
| ÍNDICE DE TABLAS.....              | XII         |
| ÍNDICE DE PLANOS.....              | XIV         |
| <br>                               |             |
| CAPÍTULO 1                         |             |
| 1. INTRODUCCIÓN.....               | 3           |
| 1.1 Antecedentes.....              | 4           |
| 1.2 Objetivos.....                 | 9           |
| 1.3 Metodología.....               | 10          |
| 1.4 Estructura de la Tesis.....    | 11          |
| <br>                               |             |
| CAPÍTULO 2                         |             |
| 2. DESCRIPCIÓN DE LA COMPAÑÍA..... | 14          |
| 2.1 Estructura Organizacional..... | 15          |

|   |    |
|---|----|
| 2.2 Descripción de procesos.....              | 15 |
| 2.2.1 Madera verde y secado.....              | 16 |
| 2.2.2 Taller de Resaneo.....                  | 21 |
| 2.2.3 Encolaje.....                           | 27 |
| 2.2.4 D-100.....                              | 32 |
| 2.2.5 CK – AL600.....                         | 36 |
| 2.2.6 Láminas.....                            | 39 |
| 2.3 EHS FIRST como pilar de mejoramiento..... | 42 |

### CAPÍTULO 3

|   |    |
|---|----|
| 3. MARCO TEÓRICO.....                               | 44 |
| 3.1 Justificación del uso del Kaizen.....           | 45 |
| 3.2 Breve descripción de la metodología Kaizen..... | 57 |
| 3.3 ¿Cómo definir un proyecto para mejora?.....     | 59 |
| 3.4 Herramientas para mediciones.....               | 60 |
| 3.4.1 Análisis del sistema de medición.....         | 60 |
| 3.4.2 Teoría de muestreo estadístico.....           | 61 |
| 3.4.3 Prueba de normalidad.....                     | 69 |
| 3.5 Herramientas de la fase de análisis.....        | 71 |
| 3.5.1 Diagrama de Pareto.....                       | 71 |
| 3.5.2 Análisis de Causa y Efecto.....               | 75 |
| 3.5.3 Pruebas de hipótesis.....                     | 77 |

## CAPÍTULO 4

|   |     |
|---|-----|
| 4. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA KAIZEN.....                   | 80  |
| 4.1 Definición del problema.....                                  | 81  |
| 4.2 Uso de herramientas para medición.....                        | 87  |
| 4.3 Desarrollo de las herramientas para el análisis de datos..... | 107 |
| 4.4 Descripción de ensayos realizados.....                        | 112 |
| 4.5 Implementación de mejora.....                                 | 115 |
| 4.6 Análisis de los resultados obtenidos.....                     | 116 |

## CAPÍTULO 5

|  |     |
|--|-----|
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 126 |
| 5.1 Conclusiones.....                  | 127 |
| 5.2 Recomendaciones.....               | 128 |

## ANEXOS

## BIBLIOGRAFÍA

## ABREVIATURAS

|           |  |
|-----------|--|
| ACBE      | Compañía Alcan Baltek Ecuador  |
| Alcan     | Aluminios de Canadá  |
| DMAIC     | Definir-Medir-Analizar-Implementar-Mejorar   |
| EHS FIRST | Environment, healthy, security first (Primero la seguridad, salud y medio ambiente)          |
| EVA       | Economic Value Add (Adición de valor económico)  |
| JIT       | Just in Time (Justo a Tiempo)  |
| K-S       | Prueba Kolmogorov-Smirnov  |
| MPT       | Mantenimiento Productivo Total   |
| MBft.     | Mil board feet   |
| SIPOC     | Suppliers-Input-Process-Output-Costumers<br>(Proveedores-Entradas-Procesos-Salidas-Clientes) |

## SIMBOLOGÍA

|            |   |
|------------|---|
| $H_0$      | Hipótesis nula                          |
| $H_1$      | Hipótesis alternativa                   |
| '          | Pie                                     |
| "          | Pulgadas                                |
| UCL        | Límite superior de control              |
| LCL        | Límite inferior de control              |
| $\alpha$   | Probabilidad de cometer el error tipo I |
| N          | Tamaño de la población                  |
| n          | Tamaño de la muestra                    |
| $\mu$      | Media poblacional                       |
| $\sigma^2$ | Varianza poblacional                    |
| %          | Porcentaje                              |
| d          | Error máximo permisible                 |
| $\bar{X}$  | Estimador de la media                   |
| $s^2$      | Estimador insesgado de la varianza      |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|             |   | Pág. |
|-------------|---|------|
| Figura 1.1  | Bloques de Madera.....                            | 6    |
| Figura 1.2  | CK.....   | 7    |
| Figura 1.3  | Tajadas D-100.....                                | 8    |
| Figura 1.4  | Bultos de madera suelta.....                      | 8    |
| Figura 2.1  | Diagrama de procesos de Maseca.....               | 16   |
| Figura 2.2  | Casilleros de madera.....                         | 17   |
| Figura 2.3  | Armado de coches.....                             | 17   |
| Figura 2.4  | Coches en secadoras.....                          | 18   |
| Figura 2.5  | Diagrama de proceso de madera verde y secado..... | 20   |
| Figura 2.6  | Coches de madera seca.....                        | 21   |
| Figura 2.7  | Bajada de madera de coches.....                   | 22   |
| Figura 2.8  | Corte de madera en péndula.....                   | 22   |
| Figura 2.9  | Limpieza de madera en cepillo.....                | 23   |
| Figura 2.10 | Limpieza de madera en sierras de mesa.....        | 24   |
| Figura 2.11 | Madera resanada (limpia).....                     | 24   |
| Figura 2.12 | Calificado de la madera.....                      | 25   |
| Figura 2.13 | Diagrama de proceso de taller de resaneo.....     | 26   |
| Figura 2.14 | Marco y mesa de presentación.....                 | 28   |
| Figura 2.15 | Bloque presentado.....                            | 29   |
| Figura 2.16 | Encolaje de bloque.....                           | 29   |
| Figura 2.17 | Apretado de bloque.....                           | 30   |
| Figura 2.18 | Bloque apretado en prensa.....                    | 30   |
| Figura 2.19 | Diagrama de proceso de encolaje.....              | 31   |
| Figura 2.20 | Corte de tajadas en sierra.....                   | 33   |
| Figura 2.21 | Lijado de tajadas.....                            | 33   |
| Figura 2.22 | Trimeada de tajadas.....                          | 34   |
| Figura 2.23 | Diagrama de proceso de D-100.....                 | 35   |
| Figura 2.24 | Elaboración de CKLP.....                          | 37   |
| Figura 2.25 | Puesta de resina para CKAL.....                   | 38   |
| Figura 2.26 | Diagrama de proceso de CK-AL600.....              | 38   |
| Figura 2.27 | Láminas.....                                      | 40   |

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
| Figura 2.28 | Diagrama de proceso láminas.....   | 41  |
| Figura 3.1  | Matriz Actividad – Eficiencia.....   | 51  |
| Figura 3.2  | Proceso DMAIC.....   | 58  |
| Figura 3.3  | Gráfico de Pareto.....   | 75  |
| Figura 3.4  | Gráfico de Causa – Efecto.....   | 77  |
| Figura 4.1  | Matriz Beneficio – Esfuerzo.....   | 82  |
| Figura 4.2  | Demanda proyectada vs. Abastecimiento esperado de Madera para el año 2004 hasta el 2013.....             | 84  |
| Figura 4.3  | Diagrama de Pareto de las causas principales por las Que el rendimiento actual es bajo.....              | 86  |
| Figura 4.4  | Diagrama SIPOC del proceso mejorado.....   | 87  |
| Figura 4.5  | Histogramas del rendimiento por espesor.....   | 94  |
| Figura 4.6  | Histograma del rendimiento de encolaje.....  | 98  |
| Figura 4.7  | Capabilidad para corte de bloques en ¼”.....   | 104 |
| Figura 4.8  | Capabilidad para corte de bloques en 3/8”.....   | 104 |
| Figura 4.9  | Capabilidad para corte de bloques en ½”.....   | 105 |
| Figura 4.10 | Capabilidad para corte de bloques en 5/8”.....   | 105 |
| Figura 4.11 | Capabilidad para corte de bloques en ¾”.....   | 106 |
| Figura 4.12 | Capabilidad para corte de bloques en 1”.....   | 106 |
| Figura 4.13 | Pareto de las oportunidades de mejora en planta.....   | 108 |
| Figura 4.14 | Comparación del sistema actual versus el implementado en la calificación de la madera calidad R8/11..... | 110 |
| Figura 4.15 | Madera con el nuevo sistema.....   | 114 |
| Figura 4.16 | Bloques y tajadas D-100 con nuevo sistema.....   | 114 |
| Figura 4.17 | Histograma con rendimientos del taller de resaneo (nuevo sistema).....                                   | 115 |
| Figura 4.18 | Comparación del rendimiento para 1”.....   | 117 |
| Figura 4.19 | Comparación del rendimiento para 1.5”.....   | 118 |
| Figura 4.20 | Comparación del rendimiento para 2”.....   | 119 |
| Figura 4.21 | Comparación del rendimiento para 2.5”.....   | 120 |
| Figura 4.22 | Comparación del rendimiento para 3”.....   | 121 |
| Figura 4.23 | Rendimientos por espesor en taller D-100.....  | 123 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|          |  | Pág. |
|----------|--|------|
| Tabla 1  | Matriz de comparación.....   | 57   |
| Tabla 2  | Nuevo abastecimiento de madera de balsa.....   | 83   |
| Tabla 3  | Causas del rendimiento bajo.....   | 85   |
| Tabla 4  | Porcentaje de variación para validación del sistema de<br>Medición.....                        | 90   |
| Tabla 5  | Cálculo del tamaño de la muestra en el taller de resaneo.....                                  | 92   |
| Tabla 6  | Rendimientos promedio por espesor.....   | 93   |
| Tabla 7  | Porcentaje de variación para validación del sistema de<br>Medición.....                        | 95   |
| Tabla 8  | Cálculo del tamaño de la muestra en el taller de encolaje.....                                 | 98   |
| Tabla 9  | Porcentaje de variación para validación del sistema de<br>medición.....                        | 99   |
| Tabla 10 | Cálculo del tamaño de la muestra en el taller D-100.....                                       | 102  |
| Tabla 11 | Rendimientos promedio por espesor.....   | 103  |
| Tabla 12 | Rendimientos de la madera en taller de resaneo (proceso<br>mejorado).....                      | 115  |
| Tabla 13 | Rendimientos de la madera en taller D-100 (proceso me-<br>jorado).....                         | 116  |
| Tabla 14 | Prueba t para el rendimiento en el taller de resaneo<br>para 1".....                           | 117  |
| Tabla 15 | Prueba t para el rendimiento en el taller de resaneo<br>para 1.5".....                         | 118  |
| Tabla 16 | Prueba t para el rendimiento en el taller de resaneo<br>para 2".....                           | 119  |
| Tabla 17 | Prueba t para el rendimiento en el taller de resaneo<br>para 2.5".....                         | 120  |
| Tabla 18 | Prueba t para el rendimiento en el taller de resane<br>para 3".....                            | 121  |
| Tabla 19 | Comparación con nuevo sistema e incremento del ren-<br>dimiento para el taller de resaneo..... | 122  |
| Tabla 20 | Comparación con nuevo sistema e incremento en el   |      |



|          |  |     |
|----------|--|-----|
|          | taller D-100.....  | 124 |
| Tabla 21 | Ahorro total del costo para taller de resaneo y D-100..... | 125 |

## ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1      Talleres de Producción de Maseca

# INTRODUCCIÓN

El presente trabajo trata de la “Implementación de la metodología Kaizen para incrementar el rendimiento de la madera de una empresa exportadora de producto de balsa”, enfocado en aprovechar mejor la madera en un 10%, con el objetivo de poder cubrir el déficit existente para los próximos años y reducir los costos de producción, además de colaborar con el medio ambiente en lo que se refiere al aprovechamiento de los recursos, con lo cual se cubre un programa política de la empresa como lo es la salud, seguridad y protección al medio ambiente.

Debido al tipo de procesos que maneja la compañía para la elaboración de sus productos de balsa, se podrá crear nuevos sistemas de trabajo para aprovechar de mejor manera el consumo de madera en los distintos procesos que nos lleven a incrementar la utilidad de esta para los diferentes productos.

Para lograr esta meta, se usará el sistema kaizen, el cual comprende la definición exacta del problema a tratar, las mediciones que se realizarán, junto con personas involucradas se analizarán los resultados obtenidos en las mediciones, se implementarán las mejores soluciones y llevando adelante un control que garantice la mejora lograda.

Se dividirá los procesos por talleres y se medirán los rendimientos actuales de cada uno de sus procesos, se realizarán diagramas de entradas y salidas en los procesos con toda la información acerca de ellos, se realizarán los cambios y se volverá a medir para comprobar si existe una mejora y al final se calculará el incremento en el rendimiento obteniendo el valor en dólares de los beneficios logrados.

# **CAPÍTULO 1**

## **1. INTRODUCCIÓN**

En el capítulo siguiente se presentan los antecedentes de la empresa de estudio como los productos que en esta se fabrican, se incluirá los objetivos tanto general como los específicos, se hablará en breve rasgos de la metodología a utilizarse y se realizará una pequeña estructura del cuerpo de la tesis.

## 1.1 Antecedentes

La globalización que se vive actualmente a nivel mundial y la preocupación de las grandes multinacionales por incrementar sus utilidades son factores que obligan que las compañías nacionales pertenecientes a estas grandes multinacionales, busquen soluciones para reducir sus costos, mejorar la competitividad y cumplir con los objetivos mundiales de la multinacional a la cual pertenecen. Maseca, compañía objeto de este estudio, perteneciente al grupo ALCAN (Aluminios de Canadá), elabora productos de balsa para exportación, en la actualidad provee a grandes compañías de los Estados Unidos, Francia, Hong Kong, entre otras. Estas empresas internacionales tienen altos niveles de productividad por lo que se requiere aprovechar al máximo la materia prima para poder cumplir todas las exportaciones requeridas. Otro punto es, que actualmente el grupo Alcan está enviando a manera de ensayo, máquinas para la elaboración del producto final que llega a estas empresas con el fin de que la compañía sea el principal exportador de estos, debido a sus bajos costos de mano de obra.



En cuanto a políticas y objetivos del grupo, esta se sostiene en tres pilares básicos:

- 1.- EHS FIRST, la salud, seguridad y medio ambiente están primero que todo.
- 2.- Continuous Improvement, mejoramiento continuo
- 3.- EVA (Economic value added), que es el darle el mayor valor económico agregado a los productos de la compañía.

En base a estos tres pilares, Maseca debe cumplir con requisitos básicos para pertenecer al grupo ALCAN e implementar todos y cada uno de los programas que ésta ha desarrollado para las filiales.

Maseca inicia por los años 50 con una sola planta que solamente producía bloques de madera, los cuales se conforman con piezas de madera que se pegan una a otra dentro de una prensa, esta era la materia prima exportada a Estados Unidos, poco a poco la compañía adquirió otras plantas y actualmente cuenta con cinco, dos en Guayaquil, una en Santo Domingo, una en Quevedo y una en Manta. En enero del 2004 la compañía fue adquirida por la

multinacional ALCAN, y desde ese momento se dan cambios muy radicales para lograr las metas fijadas por el grupo.

Entre los productos que se elaboran en la compañía tenemos:

- *Bloques*

Este producto está elaborado en base de piezas de madera, las cuales son pegadas una a otra y puestas fila a fila dentro de una prensa hasta completar la altura de la orden establecida, estas son apretadas en la prensa por medio de taladros neumáticos hasta que se llegue a su longitud final las cuales son de 24 ½" por 48 ½".



FIGURA 1.1. BLOQUES DE MADERA

- *CK*



Este producto es en base a madera de balsa cortada en cuadros y adherida a una tela con lo cual se consigue que sea un material muy flexible. Este producto es usado en construcciones de barcos, aviones, carros entre otros.



FIGURA 1.2. CK

- *D-100*

Este producto es madera de balsa cortada en tajadas de diversos espesores, las cuales son utilizadas para elaborar CK u otro tipo de productos.



FIGURA 1.3 TAJADAS D-100

- *Madera suelta*

Este producto es madera de balsa la cual ha sido totalmente limpiada por todos sus lados y cumple algunas especificaciones de calidad, esta madera es usada para la elaboración de láminas, palillos y otros productos de balsa.



FIGURA 1.4 BULTOS DE MADERA SUELTA

Debido al incremento de la demanda de los productos y la necesidad de aprovechar mejor los recursos para cumplir con los principios básicos y política del grupo ALCAN, en cuanto a la conservación del medio ambiente, Maseca por medio de la metodología Kaizen busca soluciones efectivas para disminuir los desperdicios de madera logrando de esta forma evitar al máximo el impacto al ambiente y disminuir los costos que se producen por este motivo, el cual es uno de los más relevantes en que incurre la empresa.

## **1.2 Objetivos**

El objetivo general de la tesis es el incremento del rendimiento de la madera en los talleres de producción mediante la implementación de la metodología Kaizen.

Entre los objetivos específicos de la tesis se encuentran:

a) Establecer el panorama actual de la compañía identificando los indicadores de la situación actual y poder medirlos para justificar la mejora.

- b) Revisar algunos conceptos de la metodología Kaizen con los cuales se pueda atacar el problema.
- c) Aplicar la metodología Kaizen
- d) Realizar las mediciones y analizar cada una de ellas para establecer los puntos con mayor incidencia.
- e) Definir una serie de alternativas de mejora y escoger entre las que se obtengan mejores resultados.
- f) Realizar un breve análisis de los resultados para explicar los beneficios que se obtengan.

### **1.3 Metodología**

Las etapas a seguir para la implementación están divididas de la siguiente manera:

1. Descripción de la compañía.
2. Identificación del problema.
3. Medición y análisis de los resultados obtenidos.
4. Mejoras propuestas
5. Implementación de mejora
6. Análisis de resultados

## 7. Conclusiones y recomendaciones

### 1.4 Estructura de la tesis

#### Capítulo 1

Se elaborará un primer capítulo en el cual se incluirá los antecedentes de la compañía, como la historia de la compañía, la misión de la compañía, la razón de la implementación de una metodología de mejoramiento continuo, además cada una de las partes en que consta la tesis, haciendo un resumen de los aspectos más importantes de cada capítulo. En esta parte también se encontrarán los objetivos de la tesis así como un resumen de la metodología sobre la que se basa el desarrollo de la tesis.

#### Capítulo 2

Se redactará una descripción de la compañía en la cual se incluirá su estructura organizacional, los procesos y el involucramiento con la filosofía EHS FIRST como mejora.

### Capítulo 3

Breve teoría de la metodología a ser implementada, donde se tomarán puntos muy concretos para la adaptación al caso de desperdicios.

### Capítulo 4

Aquí se empezará a detallar cada uno de los puntos de la metodología Kaizen para la implementación en el lugar de trabajo.

- a) Se retomará el tema a ser analizado definiéndolo como el problema base,
- b) Segundo, habrá una etapa de mediciones, la cual nos mostrará el indicador con el cual se establecerá la mejora que se implemente,
- c) Luego de esto se llegará a una lluvia de ideas la cual mediante una matriz de decisión se analizarán y escogerán las causas raíces del problema con mayor influencia y sus formas de mejora, con estas se harán los ensayos respectivos para escoger la mejor.

d) Finalmente, se realizará un análisis de los resultados obtenidos en el cual se incluirá el costo beneficio que represente la mejora propuesta.

## Capítulo 5

Se mostrarán las conclusiones y recomendaciones obtenidas del estudio.

# **CAPÍTULO 2**

## **2. DESCRIPCIÓN DE LA COMPAÑÍA**

En este capítulo se realizará una breve descripción de la compañía Maseca, lo cual encierra la estructura organizacional de la empresa, la descripción de los procesos en cada uno de los talleres de producción y se hará énfasis en el principio primordial de la compañía que conlleva al mejoramiento continuo, el EHS FIRST (salud, seguridad e higiene industrial en primer lugar).

El objetivo de este capítulo es lograr un marco referencial del cual se partirá para atacar el problema de los rendimientos de la madera y para dar un conocimiento general del objeto del negocio.



## **2.1 Estructura Organizacional**

Maseca cuenta con una estructura organizacional horizontal, lo cual facilita la comunicación y entendimiento entre los distintos niveles de la organización, para llevar a cabo cada una de las actividades. En el Anexo A se muestra el diagrama de la organización.

## **2.2 Descripción de procesos**

Maseca cuenta con seis talleres, en los cuales se realizan los diferentes procesos para obtener la madera trabajada. A continuación se presenta cada uno de ellos con los procesos que se realizan:

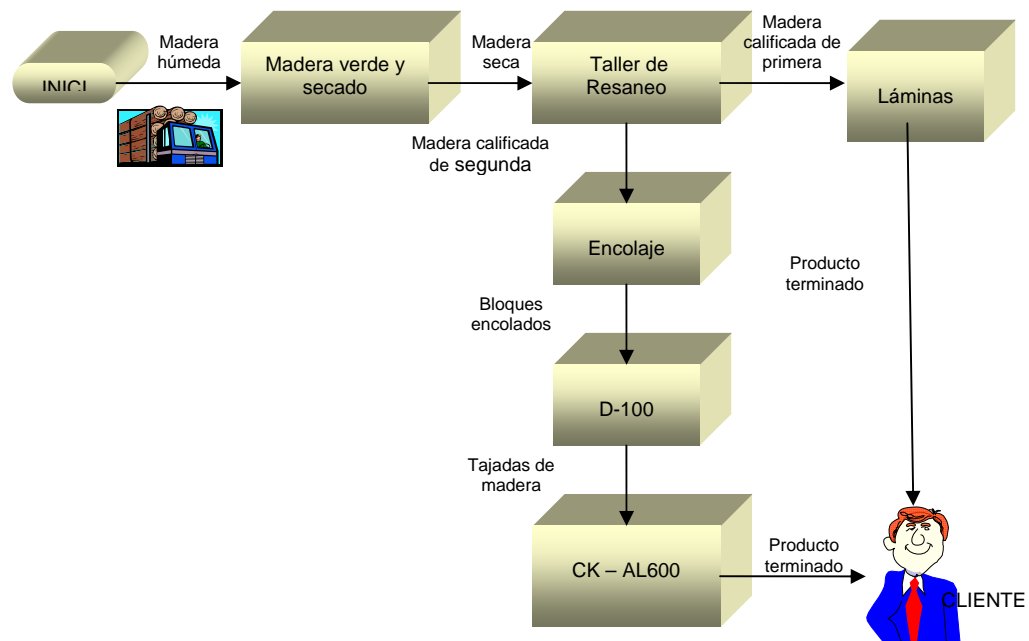


FIGURA 2.1. DIAGRAMA DE PROCESOS DE MASECA

### 2.2.1 Madera Verde y Secado

Este es el primer taller en donde empieza el trabajo de la madera, aquí se empieza con la recepción de la madera verde, llamada de esta forma la madera proveniente de las plantaciones, las cuales tienen porcentajes de humedad mayores al 16%, se recibe en la planta en lugares ya establecidos en forma de casilleros. Se clasifica la madera por

espesor y largos en los casilleros correspondientes para luego armar los coches de madera.



FIGURA 2.2. CASILLEROS DE MADERA

Para armar la madera en coches, se ubican un par de ruedas en rieles que son llamados transfers, y sirven para poder movilizar la madera. La madera es ubicada encima de estos transfers, colocada una al lado de otra hasta completar la altura de armado.



FIGURA 2.3. ARMADA DE COCHES

A continuación estos coches son llevados a las secadoras por medio de transfers y termina con el secado, para ingresar la madera a secadoras, por lo general se cargan con coches que contengan dos o tres espesores, aquí por medio de tablas de control la madera permanece en secado hasta que alcance la humedad ambiente, la cual indicará que la madera está totalmente seca y lista para ser trabajada.



FIGURA 2.4. COCHES EN SECADORAS

La madera húmeda que es recibida en la planta viene de las siguientes dimensiones y espesores:

*Dimensiones:*

Las dimensiones de la madera que viene de aserríos es desde 2', 3', 4', 5', 6' hasta 7', la madera siempre viene con un poco más de medida llamada sobremedida, en el caso de 2' hasta 4' trae una sobremedida 3" y la madera de 5' a 7' con una sobremedida de 5".

*Espesores:*

Los espesores en que es recibida la madera es de 1 1/4" hasta 4 3/4".

Por medio de un diagrama de flujo presentaremos cada uno de los procesos que se realiza en esta parte del taller:

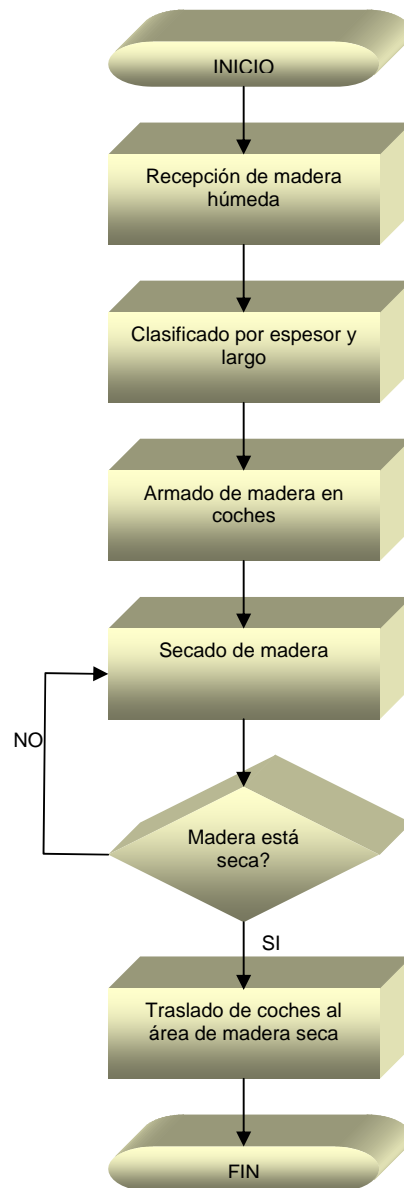


FIGURA 2.5. DIAGRAMA DE PROCESO DE MADERA VERDE Y SECADO

### 2.2.2 Taller de Resaneo

En esta parte del taller, la madera pasa por una serie de máquinas para dejarla totalmente limpia que pueda ser utilizada en la elaboración de los bloques en el taller de encolaje. Esta inicia con la recepción de los coches que salen de las secadoras, los cuales son ubicados uno tras otro para que sean bajados palo a palo o en bultos al área de corte en la péndula.



FIGURA 2.6 COCHES DE MADERA SECA



FIGURA 2.7. BAJADA DE MADERA DE COCHES

En esta área, la madera es cortada a los largos ya establecidos y que se encuentran estandarizados, existen 11 medidas actualmente en la planta las cuales son:

18  $\frac{3}{8}$ " , 21  $\frac{3}{8}$ " , 24  $\frac{3}{8}$ " , 27  $\frac{3}{8}$ " , 30  $\frac{3}{8}$ " , 33  $\frac{3}{8}$ " , 36  $\frac{3}{4}$ " , 40" ,  
42  $\frac{3}{4}$ " , 45  $\frac{3}{4}$ " , y 48  $\frac{3}{4}$ " .



FIGURA 2.8. CORTE DE MADERA EN PÉNDULA



Las medidas desde 18 3/8" hasta 33 3/8" se consideran piezas de madera corta y desde 36 3/4" hasta 48 3/4" se consideran piezas de madera larga.

Una vez que la madera fue cortada en la péndula, esta pasa al cepillo, aquí la madera es limpiada en ambas caras (superior e inferior) 1/8" por cada una de las caras en un solo paso ya que el cepillo que se usa es llamado de dos caras, es decir, que se rebaja 1/4" al espesor inicial de la madera. Para este proceso se debe tomar en cuenta los espesores con que se trabaja la madera, siendo estos de 1", 1 1/4", 1 1/2", 1 3/4" y así sucesivamente de 1/4" en 1/4" hasta 4 1/2" que es la medida máxima de espesor que se puede obtener de la madera.



FIGURA 2.9. LIMPIEZA DE MADERA EN CEPILLO

A continuación, la madera es pasada por unas sierras de mesa, las cuales limpian la madera en los dos lados restantes que son conocidos como los cantos. Aquí se eliminan directamente fallas de la madera que tengan que ver con el ancho de las mismas. Las sierras de mesa cuentan con un láser el cual indica el lugar por donde se va a hacer el corte para no excederse en el mismo.



FIGURA 2.10. LIMPIEZA DE MADERA EN SIERRAS DE MESA



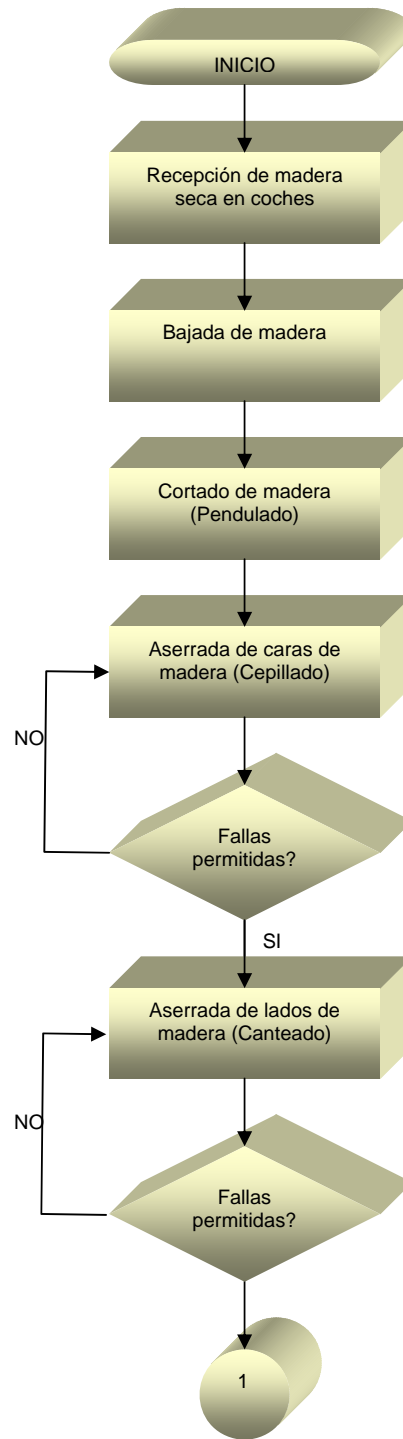
FIGURA 2.11. MADERA RESANADA (LIMPIA)

Luego de que la madera sale del canteado, las personas llamadas calificadores son los encargados de dar la aceptación y clasificación de la madera de acuerdo a los defectos que presenten, pudiendo ser esta de primera, segunda o para reprocesar, de acuerdo a tablas de especificaciones (Ver Anexo B). La madera de mayor porcentaje obtenida en el proceso del taller de resaneo es el R8, la cual es una madera de segunda con la cual se elaboran los bloques.



FIGURA 2.12. CALIFICADO DE LA MADERA

A continuación se presenta un diagrama de flujo de los procesos realizados en el taller de resaneo:



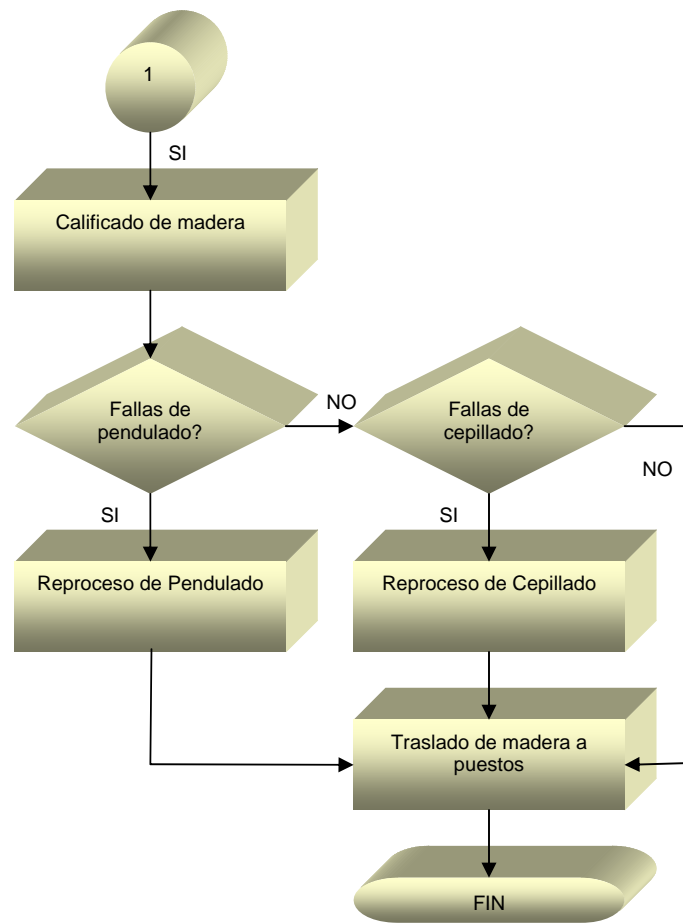


FIGURA 2.13. DIAGRAMA DE PROCESO DE TALLER DE RESAÑO

### 2.2.3 Encolaje

En el taller de encolaje se realiza el proceso de encolado donde llega la madera de segunda para la elaboración de los bloques. Este inicia con la elaboración de las plantillas al

ancho determinado para cada orden, el 99% de bloques que se realizan en encolaje llevan un ancho de plantilla de 24 7/8". Para la presentación de las plantillas se utilizan los marcos de presentación, los cuales están al ancho requerido, y las mesas de presentación.



FIGURA 2.14. MARCO Y MESA DE PRESENTACIÓN

Con las plantillas presentadas en distintos espesores, se procede a elaborar la presentación del bloque al alto correspondiente, estos son armados en coches los cuales deben tener una altura de presentación mínimo de 49 1/2" y máximo de 49 3/4", además son pesados y tomadas el número de plantillas por espesor para poder establecer la materia prima utilizada.



FIGURA 2.15. BLOQUE PRESENTADO

Estos bloques son llevados al área de encolaje, en donde son encolados pieza a pieza en una prensa, aquí se usan máquinas llamadas encoladoras, por donde el operador pasa cada pieza poniendo la cola en una cara y un canto, hasta completar el total del bloque.



FIGURA 2.16 ENCOLAJE DE BLOQUE

Finalmente, se apreta el cabezal y el tope lateral de la prensa con taladros neumáticos, estos son apretados originalmente a una dimensión de 24 3/8" de ancho por 48 1/2" de alto, se cuenta con reglas para medir el alto y ancho que corresponde, el apretado se lo realiza hasta que el cabezal y el tope lateral lleguen a estas dimensiones.



FIGURA 2.17. APRETADO DE BLOQUE

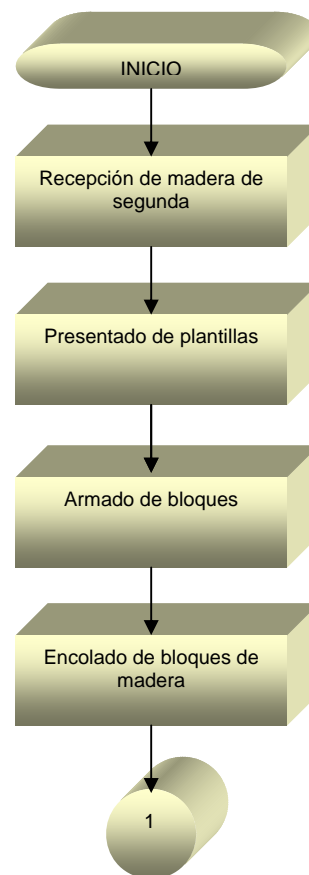


FIGURA 2.18. BLOQUE APRETADO EN PRENSA



Una vez que el bloque queda apretado, estos son sacados de las prensas al día siguiente para asegurarse que están completamente pegados. El bloque se lo deja reposar fuera de prensa uno o dos días para que se expanda y alcanza dimensiones de 24 3/8" de ancho por 48 1/2".

Se presenta un diagrama de flujo del proceso en el taller de encolaje para una mejor explicación del mismo:



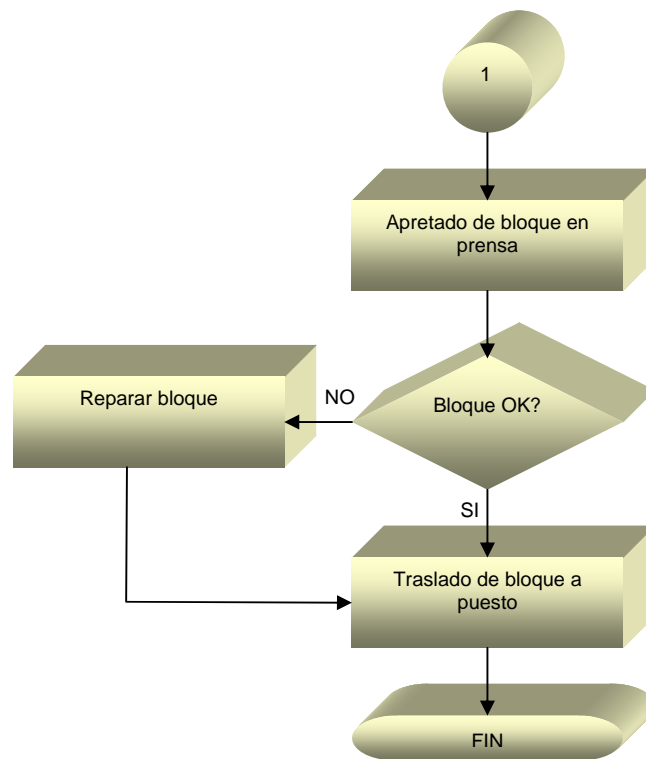


FIGURA 2.19. DIAGRAMA DE PROCESO DE ENCOLAJE

#### 2.2.4 D-100

En el taller de D-100, se encuentran los procesos del cual se obtienen las tajadas que llevan el mismo nombre del taller. Para el efecto, el primer paso es montar los bloques de ocho en ocho en las cortadoras, los cuales deben ser del mismo largo de ser posible. Se realiza un primer corte de limpieza para igualar las puntas de todos los bloques y luego se

gradúa la máquina para que haga los cortes al espesor al cual se va a trabajar.



FIGURA 2.20. CORTE DE TAJADAS EN SIERRA

Luego, estas tajadas son lijadas por ambos lados para darles un mejor acabado a la superficie y dejar las tajadas al espesor exacto establecido en las órdenes de trabajo.



FIGURA 2.21. LIJADO DE TAJADAS

Finalmente, las tajadas son cortadas en sus dimensiones finales, a esto se les llama la trimeada de la tajada. Las tajadas originalmente tienen medidas que están entre 24 1/2" a 25" de ancho y entre 48 3/4" a 49 1/2" de largo, el corte que se les da es de 24" por 48", que son las dimensiones finales.

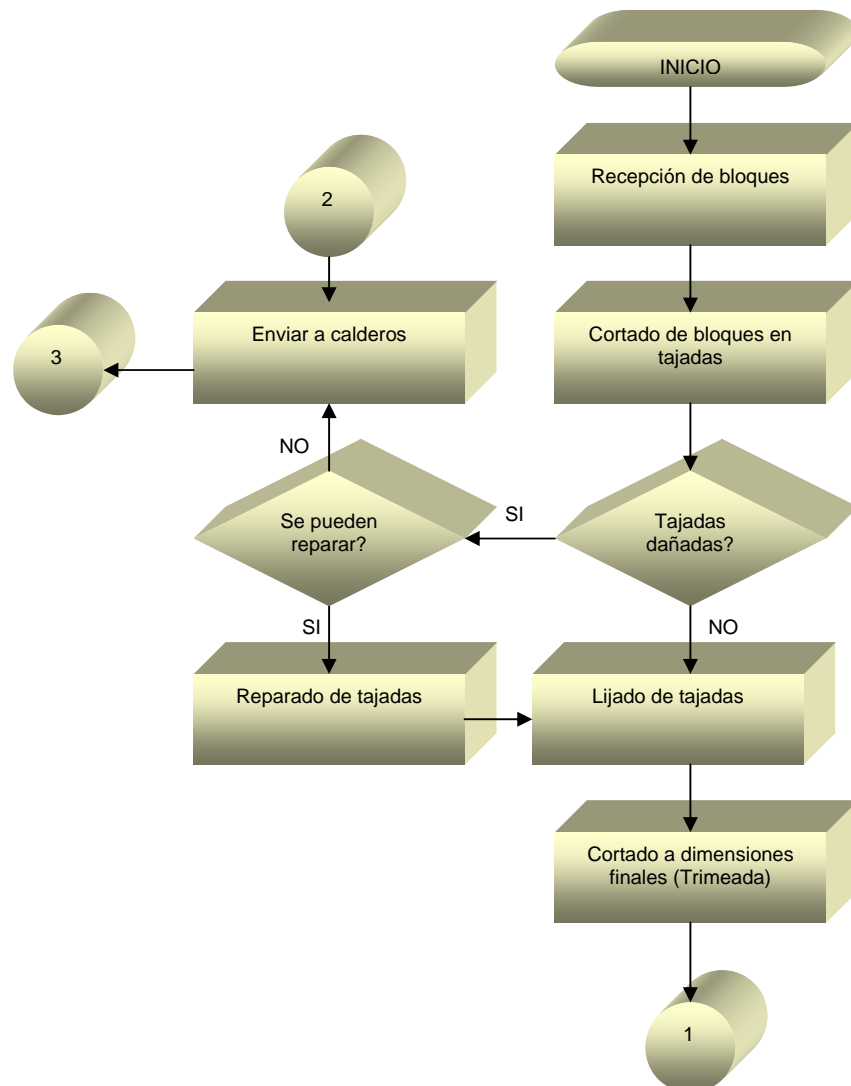


FIGURA 2.22. TRIMEADA DE TAJADAS

Al momento que existen tajadas que presenten aberturas u otros tipos de fallas no conformes en el producto, estas son reparadas manualmente, de ser una falla que se pueda reparar, por medio de un torno el cual hace un agujero en la parte afectada y este es reemplazado por otro pedazo igual el cual es pegado con cola. En este proceso hay que tener en cuenta que las tajadas aceptadas son aquellas que están

debidamente cuadradas, al momento que existen un descuadre estas no se pueden reparar y son rechazadas.

A continuación se presenta el respectivo diagrama de flujo de todo el proceso:



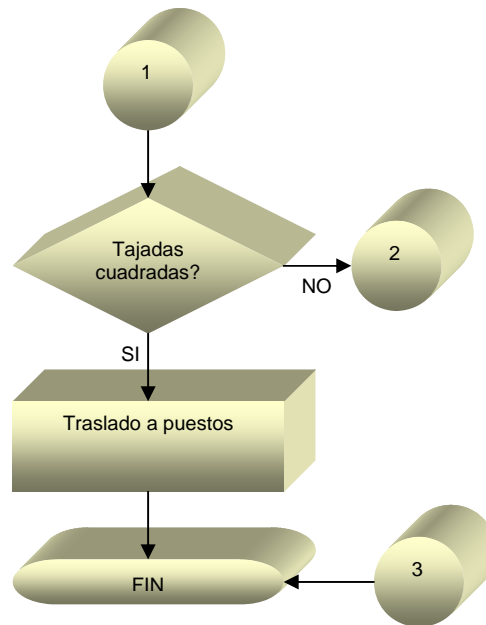


FIGURA 2.23. DIAGRAMA DE PROCESO DE D-100

### 2.2.5 CK – AL600

En el taller de CK-AL600 se llevan a cabo los procesos de resinado, pegado de tela y encuadrado de tajadas, aquí es donde se obtiene el producto que representa el 98% de las exportaciones que es el llamado CK LP y CK AL.

El proceso inicia con la recepción de las tajadas aceptadas del proceso del taller de D-100, las tajadas son pasadas por una línea de producción, la cual coloca una tela en base a

fibra de vidrio por encima de esta, se le coloca resina, pasa por un horno para que la resina seque y quede adherida la tajada a la tela, luego realiza dos cortes, vertical y horizontal, haciendo cuadrículas en la tajada que quedan sostenidas con la tela adherida a esta, dando lugar a un producto muy flexible, este es el CK LP.



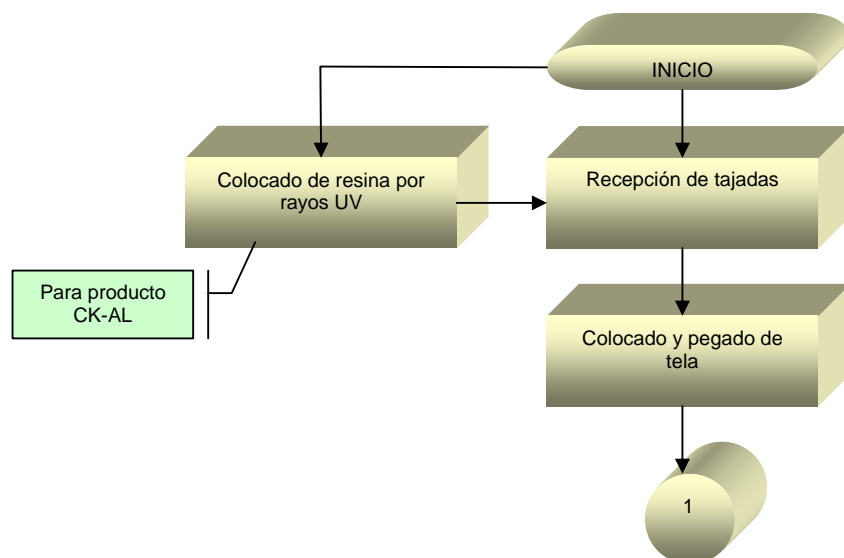
FIGURA 2.24. ELABORACIÓN DE CKLP

Para el CK AL, el proceso es el mismo que para el anterior, con la única variante que las tajadas antes de ingresar a la línea, son pasadas por una máquina la cual le pone resina en ambos lados de la tajada y esta es secada por medio de rayos UV para darle una textura más consistente.



FIGURA 2.25. PUESTA DE RESINA PARA CKAL

Estos productos son embalados en cajas de cartón para luego ser embarcados en contenedores para su exportación, a continuación un detalle del proceso presentado en un diagrama de flujo:





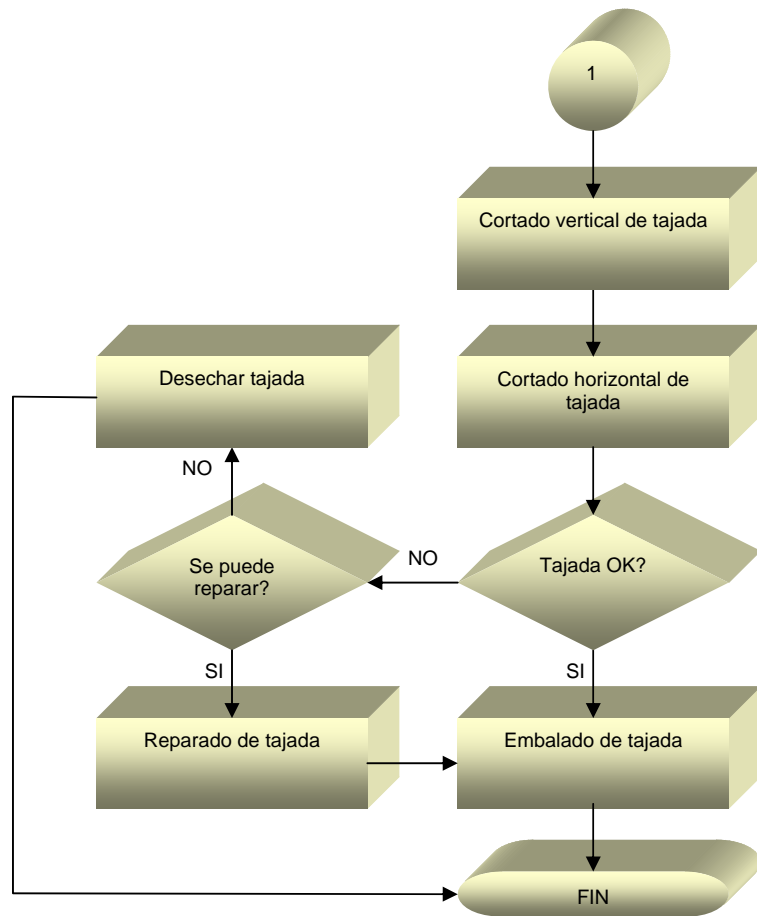


FIGURA 2.26. DIAGRAMA DE PROCESO DE CK-AL600

### 2.2.6 Láminas

Un proceso adicional de la planta es el que se realiza en el taller de láminas, aquí se utiliza la madera de primera que es obtenida en el taller de resaneo. La madera de primera es

seleccionada según la instrucción de trabajo de la orden a realizar, esta puede variar por defectos y densidades que sean requeridas. El primer paso es pasar toda la madera recibida por una lijadora para limpiar y darle mejor acabado a la madera, luego es pasada en máquinas llamadas laminadoras, las cuales cortan las piezas en una diversa variedad de espesores muy delgados dependiendo de la orden que se esté trabajando, seguidamente estas láminas son pasadas por lijadoras para darles el espesor exacto y mejor acabado a las mismas, por último estas son cortadas en las puntas para eliminar cualquier mancha en las mismas, se realiza un calificado para comprobar espesor y densidad y son embaladas en cajas para su exportación.



FIGURA 2.27. LÁMINAS

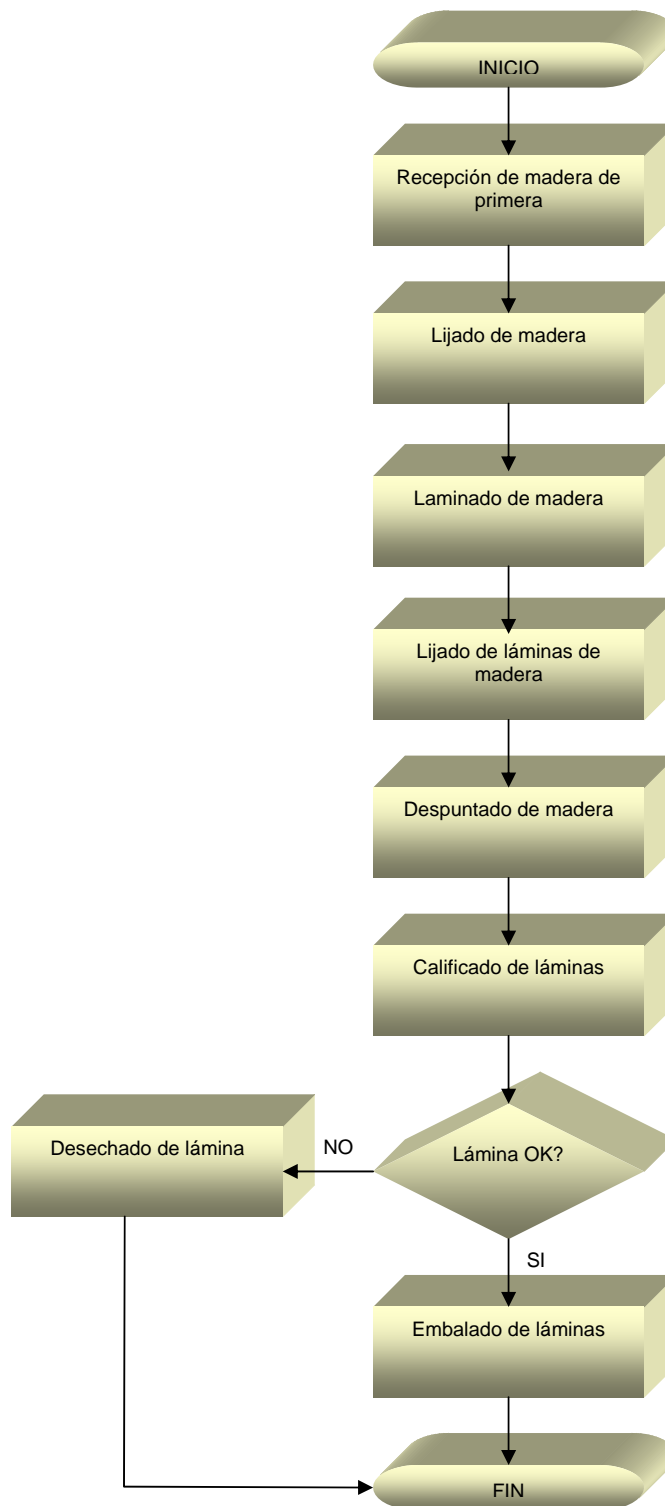


FIGURA 2.28. DIAGRAMA DE PROCESO LÁMINAS

### **2.3 EHS FIRST como pilar de mejoramiento**

Gracias al desarrollo de la implementación del EHS FIRST, la compañía ha logrado conseguir elevar sus niveles de productividad pensando siempre en la seguridad tanto del ambiente como de su gente. Este mejoramiento continuo ha llevado a dar gran realce a muchos proyectos y a ponerlos en acción con programas como los Green Belt, las 5'S, entre otros. Como consecuencia de esto, aparece el Kaizen como una herramienta muy efectiva para la mejora rápida a bajos costos, de aquí el hecho de atacar los mayores puntos críticos de la compañía como son los accidentes de trabajo, las seguridades de máquinas, el desperdicio de la madera, la contaminación al medio ambiente, etc. En la actualidad, debido a la implementación de EHS FIRST, la compañía se encuentra realizando un sistema integrado que abarque la ISO 9000 y 14000, OHSAS 18000 y EHS, ya que todos estos tienen cosas en común con el EHS FIRST.

Teniendo en cuenta este punto básico, para toda actividad que se realice en la compañía y el grupo ALCAN, las mejoras que se planteen o cualquier implementación que resulte muy productiva,

tiene que ir de la mano con la seguridad y la protección al medio ambiente como el primer y esencial punto a cumplir para la puesta en marcha de un proyecto o proceso a mejorar.

# CAPÍTULO 3

## 3. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se definirá la metodología Kaizen comparándola con otras metodologías de mejoramiento continuo justificando su uso, se verá los aspectos más importantes acerca del Kaizen que esté relacionada con el mejoramiento del rendimiento. Además, se revisará la forma como escoger un proyecto y la teoría de las herramientas necesarias para la implementación de ésta metodología, tanto para realizar las mediciones como para el análisis de los resultados.

### 3.1 Justificación del uso del Kaizen

Para justificar el uso de la metodología Kaizen para incrementar el rendimiento, es conveniente compararla con otras metodologías de mejoramiento continuo para lo cual se ha tomado en consideración el Mantenimiento Productivo Total (TPM) y el Sistema Justo a Tiempo (JIT).

Para el logro de esto, se verá una breve teoría de cada uno de ellos y se realizará una matriz con aspectos relevantes con el problema de rendimiento, con lo cual se podrá definir la mejor metodología a ser usada.

- **Kaizen (Mejoramiento Continuo)**

El sistema Kaizen de mejora continua tiene como uno de sus pilares fundamentales la lucha continua en la eliminación de desperdicios y despilfarros (mudas en japonés). Una lucha implacable y sin respiro en la necesidad de eliminar los factores generadores de improproductividades, altos costos,

largos ciclos, costosas y largas esperas, desaprovechamiento de recursos, pérdida de clientes, y defectos de calidad, todo lo cual origina la pérdida de participación en el mercado, con caída en la rentabilidad y en los niveles de satisfacción de los consumidores.

- **¿Qué debe entenderse por desperdicio o despilfarro?**

Un proceso productivo hace uso de materias primas, máquinas, recursos naturales, mano de obra, tecnología, recursos financieros generando como resultado de su combinación productos o servicios. En cada proceso se agrega valor al producto, y luego se envía al proceso siguiente. Los recursos en cada proceso agregan valor o no lo hacen. El muda (que en japonés significa desperdicio o despilfarro) implica actividades que no añaden valor económico.

Desperdiciar las capacidades, recursos, e inclusive más, desperdiciar las oportunidades de generar



riqueza, como así también el despilfarro del más importante de todos los recursos y que no es objeto de contabilización “el tiempo”, debe ser no sólo tenido muy en cuenta por todos los integrantes de la organización, sino que además debe ser objeto de una política concreta tendiente a su eliminación. No hacerlo como se dijo anteriormente impide un mayor nivel para la empresa y sus integrantes, sino que de ello depende también la continuidad de la misma y por tanto de los puestos de trabajo. Menores niveles de desperdicios implica mayor calidad, más productividad, menores costos y por tanto menores precios, ello genera tanto un mayor consumo por parte de los consumidores locales, como una mayor demanda extranjera, lo que implica mayor cantidad de puestos de trabajo y a su vez mayores ganancias para las empresas y mayor consumo interno. Como puede apreciarse combatir el despilfarro genera un círculo virtuoso o espiral de crecimiento. Así pues desperdicio en este contexto es toda mal utilización de los recursos y / o posibilidades de las empresas (5). Se desperdicia tantas horas de trabajo por ineficacia en la programación y planificación

de las tareas, como también se desperdician posibilidades de ganar nuevos mercados por carecer de productos de calidad o por exceso en sus costos de producción.

Las siete categorías clásicas de desperdicios o despilfarros son:

- 1 Muda de sobreproducción
- 2 Muda de inventario
- 3 Muda de reparaciones / rechazo de productos defectuosos
- 4 Muda de movimiento
- 5 Muda de procesamiento
- 6 Muda de espera
- 7 Muda de transporte

Las pérdidas asociadas a estas mudas son:

1. Pérdidas por paradas.
2. Pérdidas por ajuste de producción.
3. Pérdidas por fallas de equipo.

4. Pérdidas por fallas de proceso.
  5. Pérdidas normales de producción.
  6. Pérdidas anormales de producción o de rendimiento.
  7. Pérdidas por defectos de calidad.
  8. Pérdida por reproceso.
  9. Pérdida de materiales.
  10. Pérdidas de energía
  11. Pérdidas relacionadas con el aprovechamiento de la mano de obra
- **Actividades y Procesos. Su valor agregado para el cliente y la empresa. Eficiencia.**

Entre las actividades desarrolladas en la empresa tenemos aquellas “Con Valor Agregado” para el cliente y la empresa (**Necesarias**), y aquellas otras “No generadoras de Valor Agregado” (**Innecesarias**) (2). Tanto las primeras como las segundas pueden efectuarse de forma eficiente o ineficiente. Resulta esencial detectar cada una de ellas a los efectos de

eliminar las Innecesarias y desarrollar de manera eficiente las Necesarias.

A los efectos de incrementar la eficiencia de las actividades y procesos es menester la utilización de la Matriz Actividad - Eficiencia.

Por el lado de las Actividades tenemos aquellas que son necesarias (ya sea que agreguen valor económico para el cliente o para la empresa) y aquellas innecesarias (como por ejemplo actividades de inspección o tareas duplicadas entre otras).

Por el lado de la Eficiencia tenemos altos o bajos niveles en función de los niveles de productividad (uso racional de los recursos), calidad y velocidad de desempeño.

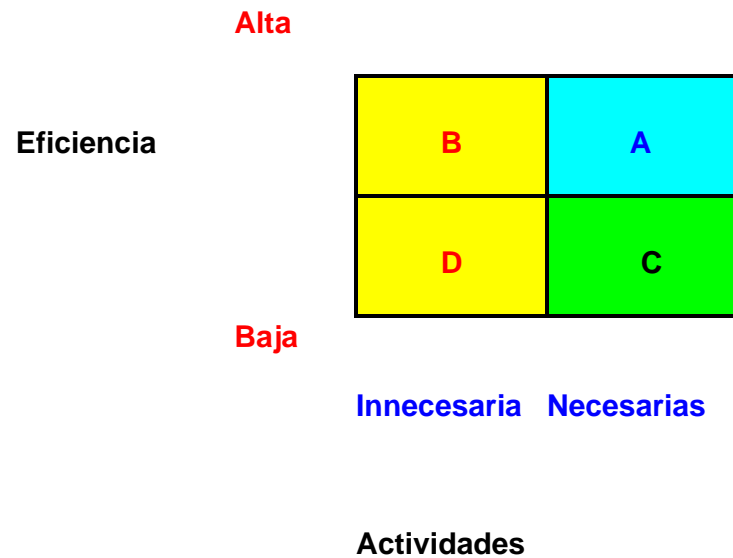


FIGURA 3.1 MATRIZ ACTIVIDAD – EFICIENCIA

Lo óptimo sin lugar a dudas es desarrollar actividades necesarias con el más alto nivel de eficiencia. Es en este cuadrante **A** donde debe lograr concentrarse las actividades de la empresa.

En el cuadrante **B** tenemos las actividades innecesarias realizadas eficientemente. Las mismas deben ser eliminadas.

De igual forma deben ser total y completamente eliminadas las actividades innecesarias y que por otro lado utilizan elevados niveles de recursos (Cuadrante **C**) producto de los bajos niveles de eficiencia.

Y en el último cuadrante, el **D**, tenemos aquellas actividades que siendo necesarias se realizan de forma ineficiente, ya sea porque existe la posibilidad de efectuarla mediante la utilización de la informática o la robótica, o bien porque es factible su tercerización.

- **Eliminación de desperdicios**

Partiendo de las siete mudas clásicas de Ohno, se ha establecido gracias a trabajos de importantes consultores japoneses entre los cuales se encuentra el mismo Ohno, como así también figuras como Shigeo Shingo, Mizuno y Toyoda, herramientas y metodologías destinadas a la prevención y supresión de los diversos tipos de desperdicios y despilfarros. La eliminación de los desperdicios comprende la aplicación de los

sistemas: Justo a tiempo, Mantenimiento Productivo Total, Gestión de Calidad Total, actividades de grupos pequeños (círculos de calidad, equipos de mejora, equipos para detección, prevención y eliminación de desperdicios), sistemas de sugerencias, y despliegue de políticas. Sistemas todos estos que conforman y permiten el desarrollo del Kaizen.

- **El Sistema de Producción Justo a Tiempo (JIT)**

Tuvo su origen en la empresa automotriz Toyota y por tal razón es conocida mundialmente como Sistema de Producción Toyota. Dicho sistema se orienta a la eliminación de todo tipo de actividades que no agregan valor, y al logro de un sistema de producción ágil y suficientemente flexible que dé cabida a las fluctuaciones en los pedidos de los clientes.

Por lo tanto, la práctica del Just in Time implica la supresión de toda anomalía. Hacer factible el Just in Time implica llevar de forma continua actividades de mejora que ayuden a eliminar los mudas (desperdicios) en el lugar de trabajo

(gemba). Estas mudas son las falencias y errores a los que una compañía se encuentra sometida.

Los conceptos fundamentales en los que se basa el sistema JIT y a través de los cuales se desarrolla toda la filosofía de producción son los siguientes:

1. La flexibilidad en el trabajo (shojinka) que permite adecuar el número y funciones de los trabajadores a las variaciones de la demanda.
2. El fomento de las ideas innovadoras (soifuku) por parte del personal para conseguir mejoras constantes en el proceso de producción.
3. Y, el autocontrol de los defectos (jidoka) por parte de los propios procesos productivos para impedir la entrada de unidades defectuosas en los flujos de producción.

- **Mantenimiento Productivo Total (MPT)**

El mantenimiento productivo total está dirigido a la maximización de la efectividad del equipo durante toda la vida del mismo. El MPT involucra a todos los empleados de un departamento y de todos los niveles; motiva a las personas



para el mantenimiento de la planta a través de grupos pequeños y actividades voluntarias, y comprende elementos básicos como el desarrollo de un sistema de mantenimiento, educación en el mantenimiento básico, habilidades para la solución de problemas y actividades para evitar las interrupciones.

El TPM surgió en Japón gracias a los esfuerzos del Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) como un sistema para el control de equipos en las plantas con un nivel de automatización importante. En Japón, de donde es pues originario el TPM, antiguamente los operarios llevaban a cabo tareas de mantenimiento y producción simultáneamente; sin embargo, a medida que los equipos productivos se fueron haciendo progresivamente más complicados, se derivó hacia el sistema norteamericano de confiar el mantenimiento a los departamentos correspondientes; sin embargo, la llegada de los sistemas cuyo objetivo básico es la eficiencia en aras de la competitividad ha posibilitado la aparición del TPM, que en cierta medida supone un regreso al pasado, aunque con sistemas de gestión mucho más sofisticados.

La meta del TPM es la maximización de la eficiencia global del equipo en los sistemas de producción, eliminando las averías, los defectos y los accidentes con la participación de todos los miembros de la empresa. El personal y la maquinaria deben funcionar de manera estable bajo condiciones de cero averías y cero defectos, dando lugar a un proceso en flujo continuo regularizado. Por lo tanto, puede decirse que el TPM promueve la producción libre de defectos, la producción “justo a tiempo” y la automatización controlada de las operaciones.

El resultado final de la incorporación del TPM deberá ser un conjunto de equipos e instalaciones productivas más eficaces, una reducción de las inversiones necesarias en ellos y un aumento de la flexibilidad del sistema productivo.

La alta administración debe crear un sistema que reconozca y recompense la habilidad y responsabilidad de todos para el TPM. Una vez que los trabajadores adquieren el hábito del mantenimiento y limpieza de su lugar de trabajo, han adquirido disciplina.

- **Matriz de comparación**

En esta matriz se evaluarán puntos claves del problema ha ser tratado, con lo cual se escogerá y justificará la metodología que será utilizada:

TABLA 1  
MATRIZ DE COMPARACIÓN

|   | KAIZEN   | MPT      | JIT      |
|---|----------|----------|----------|
| Mejora rápida                           |          |          |          |
| Retroalimentación del proceso           |          |          |          |
| Cubre otras metodologías                |          |          |          |
| Flexibilidad en la implementación       |          |          |          |
| Se adapta al incremento del rendimiento |          |          |          |
| <b>TOTAL</b>                            | <b>5</b> | <b>2</b> | <b>2</b> |

Conforme se puede observar en la matriz, la metodología a utilizar será el Kaizen como una de las mejores alternativas.

### 3.2 Breve descripción de la metodología Kaizen

La metodología Kaizen sigue el proceso DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) (6):

- **Definir:** Identifica las oportunidades de mejora desde las perspectivas del cliente y de la empresa.
- **Medir:** Determina las líneas bases, conocimiento de la situación actual del proceso que se desea mejorar.
- **Analizar:** Busca los factores claves que tienen un gran impacto en el proceso, identifica la causa raíz del problema.
- **Mejorar:** Implementa una mejora piloto en el proceso.
- **Controlar:** Desarrolla un trabajo estandarizado y un plan de control del proceso que se ha mejorado.

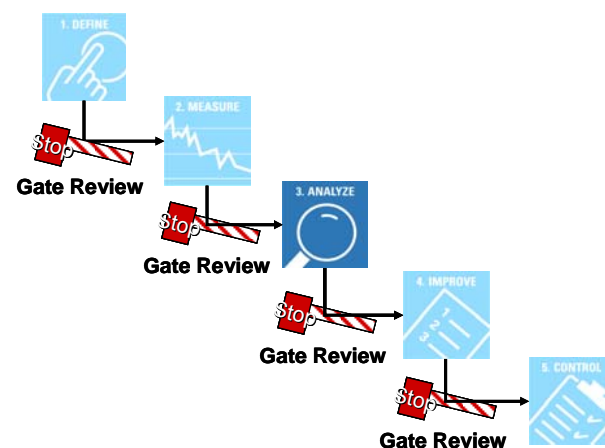


FIGURA 3.2 PROCESO DMAIC

Al finalizar cada fase del proceso DMAIC, se realiza una revisión de cierre de la fase, en la cual se evalúa si los objetivos del proyecto

han sido modificados con respecto a la fase anterior y si los beneficios que se esperan alcanzar no se separan de lo planeado.

### **3.3 ¿Cómo definir un proyecto para mejora?**

En la fase de definición, se debe desarrollar una declaración del problema que incluya:

- Qué está ocurriendo
- Dónde está ocurriendo
- Cuándo empezó el problema
- Cuál es la magnitud del problema
- Cuáles son las principales consecuencias del problema

Además se debe identificar meta y las medidas claves del proyecto, así como también el alcance del mismo, qué incluye el proyecto de mejora y qué queda fuera de alcance; se debe señalar un plan para desarrollar el proyecto y se debe indicar el impacto para el negocio: por qué se desea mejorar el proceso?, cuál es el posible beneficio?, cuál sería el esfuerzo?, cuál es el costo estimado del proyecto?, cuáles son los objetivos de la empresa que soporten el proyecto?.

### **3.4 Herramientas para mediciones**

#### **3.4.1 Análisis del sistema de medición**

Muchos recursos pueden ser desperdiciados tratando de mejorar un proceso cuando una fuente mayor de variabilidad es el sistema de medición. El sistema de medición debe estar calificado antes de empezar el trabajo de mejora del proceso. Es sólo una fuente de variabilidad cuando se mide un producto o proceso.

El objetivo de un sistema de medición es entender mejor las fuentes de variación que pueden influenciar los resultados producidos por el proceso bajo investigación. En la fase Medir, se debe ser capaz de demostrar que los datos son precisos y confiables. Las dos mediciones clave más comunes asociadas con el sistema de medición son la exactitud y precisión.

La exactitud y precisión son propiedades diferentes e independientes. Puede encontrar un conjunto de datos que sea exacto, no se puede hablar de no preciso o preciso, sino

inexacto. Las propiedades que puede que necesitaremos evaluar en nuestro sistema de medición son:

1. Exactitud
2. Precisión
3. Discriminación
4. Estabilidad
5. Linealidad

Otra herramienta básica para visualizar la mejora es la creación de un cuadro SIPOC, el cual es un cuadro Cliente-Salida-Proceso-Entrada-Proveedor (por sus siglas en inglés) Proveedores – todos los proveedores internos y externos del proceso

Entradas – todos las entradas del proceso ej: material, formularios, información, etc.

Proceso – un bloque representa todo el proceso

Salida – todas las salidas para clientes internos y externos

Clientes – todos los clientes internos y externos del proceso

### **3.4.2 Teoría de muestreo estadístico**

- **Conceptos Primarios**

Dentro de la gama de conceptos primarios acerca de la estadística, tenemos los siguientes (4):

**La población** no es más que aquel conjunto de individuos o elementos que le podemos observar, medir una característica o atributo. Son características medibles u observables de cada elemento por ejemplo, su estatura, su peso, edad, sexo, etc. Pero pueden existir dificultades si el número de elementos de la población es infinito, si los elementos se destruyen, si sufren daños al ser medidos o están muy dispersos, si el costo para realizar el trabajo es muy costoso. Una solución a este problema consiste en medir solo una parte de la población que llamaremos **muestra** y tomar el peso medio en la muestra como una aproximación del verdadero valor del peso medio de la población.

**El tamaño de la población** es la cantidad de elementos de esta y **el tamaño de la muestra** es la



cantidad de elementos de la muestra. Las poblaciones pueden ser finitas e infinitas. Los datos obtenidos de una población pueden contener toda la información que se desee de ella. De lo que se trata es de extraerle esa información a la muestra, es decir a los datos muestrales sacarle toda la información de la población. La muestra debe obtener toda la información deseada para tener la posibilidad de extraerla, esto sólo se puede lograr con una buena selección de la muestra y un trabajo muy cuidadosos y de alta calidad en la recogida de los datos.

**El parámetro**, son las medidas o datos que se obtienen sobre la distribución de probabilidades de la población, tales como la media, la varianza, la proporción, etc.

**El estadístico**, los datos o medidas que se obtienen sobre una muestra y por lo tanto una estimación de los parámetros.

**Error muestral de estimación o estándar**, es la diferencia entre un estadístico y su parámetro correspondiente. Es una medida de la variabilidad de las estimaciones de muestras repetidas en torno al valor de la población, nos da una noción clara de hasta dónde y con qué probabilidad una estimación basada en una muestra se aleja del valor que se hubiera obtenido por medio de un censo completo. Siempre se comete un error, pero la naturaleza de la investigación nos indicará hasta qué medida podemos cometerlo.

**Nivel de Confianza**, probabilidad de que la estimación efectuada se ajuste a la realidad. Cualquier información que queremos recoger está distribuida según una ley de probabilidad (Gauss o Student), así llamamos nivel de confianza a la probabilidad de que el intervalo construido en torno a un estadístico capte el verdadero valor del parámetro.

**La varianza poblacional**, cuando una población es más homogénea la varianza es menor y el número de entrevistas necesarias para construir un modelo reducido del universo, o de la población, será más pequeño. Generalmente es un valor desconocido y hay que estimarlo a partir de datos de estudios previos.

**Inferencia estadística**, trata el problema de la extracción de la información sobre la población contenida en las muestras. Para que los resultados obtenidos de los datos muestrales se puedan extender a la población, la muestra debe ser representativa de la población en lo que se refiere a la característica en estudio, o sea, la distribución de la característica en la muestra debe ser aproximadamente igual a la distribución de la característica en la población.

- **Muestreo aleatorio simple**

Es aquel en que cada elemento de la población tiene la misma probabilidad de ser seleccionado para integrar la muestra. Una muestra simple aleatoria es aquella en que sus elementos son seleccionados mediante el muestreo aleatorio simple. En la práctica no nos interesa el individuo o elemento de la población seleccionado en general, sino solo una característica que mediremos u observaremos en él y cuyo valor será el valor de una variable aleatoria que en cada individuo o elemento de la población puede tomar un valor que será un elemento de cierto conjunto de valores. De modo que una muestra simple aleatoria  $x_1, x_2, \dots, x_n$  se puede interpretar como un conjunto de valores de  $n$  variables aleatorias  $X_1, X_2, \dots, X_n$  independientes, cada una de las cuales tiene la misma distribución que es llamada distribución poblacional.

- **El tamaño de la muestra**

Al realizar un muestreo probabilística nos debemos preguntar ¿Cuál es el número mínimo de unidades de análisis (personas, organizaciones, capítulo de telenovelas, etc.), que se necesitan para conformar una muestra ( $n$ ) que me asegure un error estándar menor que 0.01, dado que la población  $N$  es aproximadamente de tantos elementos. En el tamaño de una muestra de una población tenemos que tener presente además si es conocida o no la varianza poblacional.

Para determinar el tamaño de muestra necesario para estimar  $\mu$  con un error máximo permisible  $d$  prefijado y conocida la varianza poblacional ( $\sigma^2$ ) podemos utilizar la fórmula:

$$n = \left( \frac{\sigma Z_{1-\frac{\alpha}{2}}}{d} \right)^2 \quad 1.$$

que se obtiene de reconocer que  $d$  es el error estándar o error máximo prefijado y está dado por la

expresión  $d = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$  para el nivel de confianza

$1 - \alpha$  y constituye una medida de la precisión de la estimación, por lo que podemos inferir además que

$$P\{|\bar{x} - \mu| < d\} = 1 - \alpha. \quad (4)$$

Si la varianza de la población es desconocida, que es lo que más frecuente se ve en la práctica el tratamiento será diferente, no es posible encontrar una fórmula cuando la varianza poblacional es desconocida por lo que para ello se utilizará el siguiente procedimiento:

Primeramente, se toma una pequeña muestra, que se le llama muestra piloto, con ella se estima la varianza poblacional ( $\sigma^2$ ) y con este valor se evalúa en la fórmula (1), sustituyendo ( $\sigma^2$ ) por su estimación ( $s^2$ ). El valor de  $n$  obtenido será aproximadamente el valor necesario, nuevamente con ese valor de  $n$  se extrae una muestra de este tamaño de la población se le determina la varianza a esa muestra, como una segunda estimación de ( $\sigma^2$ )

y se aplica de nuevo la fórmula 1, tomando la muestra con el  $n$  obtenido como muestra piloto para la siguiente iteración, se llegará a cumplir con las restricciones prefijadas. Se puede plantear esta afirmación ya que la  $s^2$  de  $\sigma^2$  tiende a estabilizarse a medida que aumenta  $n$  alrededor de la  $\sigma^2$  por lo que llegará el momento en que se encuentre el tamaño de muestra conveniente (4).

### 3.4.3 Prueba de normalidad

Entre las pruebas no paramétricas que comúnmente se utilizan para verificar si una distribución se ajusta o no a una distribución esperada, en particular a la distribución normal se encuentran el test de Kolmogorov-Smirnov. El test de Kolmogorov-Smirnov es bastante potente con muestras grandes. El nivel de medición de la variable y su distribución son elementos que intervienen en la selección del test que se utilizará en el procesamiento posterior. De hecho, si la variable es continua con distribución normal, se podrán aplicar técnicas paramétricas. Si es una variable discreta o continua

no normal, solo son aplicables técnicas no paramétricas pues aplicar las primeras arrojaría resultados de dudosa validez.

- **Dócima de una muestra de Kolmogorov-Smirnov**

La prueba de K-S de una muestra es una dócima de bondad de ajuste. Esto es, se interesa en el grado de acuerdo entre la distribución de un conjunto de valores de la muestra y alguna distribución teórica específica. Determina si razonablemente puede pensarse que las mediciones muestrales provengan de una población que tenga esa distribución teórica. En la prueba se compara la distribución de frecuencia acumulativa de la distribución teórica con la distribución de frecuencia acumulativa observada. Se determina el punto en el que estas dos distribuciones muestran la mayor divergencia.

Hipótesis

Ho: La distribución observada se ajusta a la distribución teórica.

$F(x) = F_t(x)$  para todo  $x$ .



$H_1$ : La distribución observada no se ajusta a la distribución teórica.

También:

$F(x) \neq F_t(x)$  para algún  $x$

$F(x)$ : es función desconocida

$F_t(x)$ : es la función teórica. Esta puede ser por ejemplo la función normal con cierta media y varianzas conocidas.

*Estadígrafo y distribución muestral*

$$D = \text{máxima} |F_t(x) - S_n(x)|$$

$S_n(x)$ : es la función de distribución empírica (1).

### 3.5 Herramientas de la fase de análisis

#### 3.5.1 Diagrama de Pareto

Mediante el Diagrama de Pareto se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) que dice que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves. Ya que por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos.

La minoría vital aparece a la izquierda de la gráfica y la mayoría útil a la derecha. Hay veces que es necesario combinar elementos de la mayoría útil en una sola clasificación denominada otros, la cual siempre deberá ser colocada en el extremo derecho. La escala vertical es para el costo en unidades monetarias, frecuencia o porcentaje.

La gráfica es muy útil al permitir identificar visualmente en una sola revisión tales minorías de características vitales a las que es importante prestar atención y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción correctiva sin malgastar esfuerzos (3).

### **¿Cuándo se utiliza?**

- Al identificar un producto o servicio para el análisis para mejorar la calidad.
- Cuando existe la necesidad de llamar la atención a los problemas o causas de una forma sistemática.
- Al identificar oportunidades para mejorar

- Al analizar las diferentes agrupaciones de datos (ej: por producto, por segmento, del mercado, área geográfica, etc.)
- Al buscar las causas principales de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones
- Al evaluar los resultados de los cambios efectuados a un proceso (antes y después)
- Cuando los datos puedan clasificarse en categorías
- Cuando el rango de cada categoría es importante

### **¿Cómo se utiliza?**

1. Seleccionar categorías lógicas para el tópico de análisis identificado (incluir el periodo de tiempo).
2. Reunir datos. La utilización de un Check List puede ser de mucha ayuda en este paso.
3. Ordenar los datos de la mayor categoría a la menor
4. Totalizar los datos para todas las categorías
5. Calcular el porcentaje del total que cada categoría representa
6. Trazar los ejes horizontales (**x**) y verticales (**y** primario - **y** secundario)

7. Trazar la escala del eje vertical izquierdo para frecuencia (de 0 al total, según se calculó anteriormente)
8. De izquierda a derecha trazar las barras para cada categoría en orden descendente. Si existe una categoría “otros”, debe ser colocada al final, sin importar su valor. Es decir, que no debe tenerse en cuenta al momento de ordenar de mayor a menor la frecuencia de las categorías.
9. Trazar la escala del eje vertical derecho para el porcentaje acumulativo, comenzando por el 0 y hasta el 100%
10. Trazar el gráfico lineal para el porcentaje acumulado, comenzando en la parte superior de la barra de la primera categoría (la más alta)
11. Dar un título al gráfico, agregar las fechas de cuando los datos fueron reunidos y citar la fuente de los datos.
12. Analizar la gráfica para determinar los “pocos vitales”

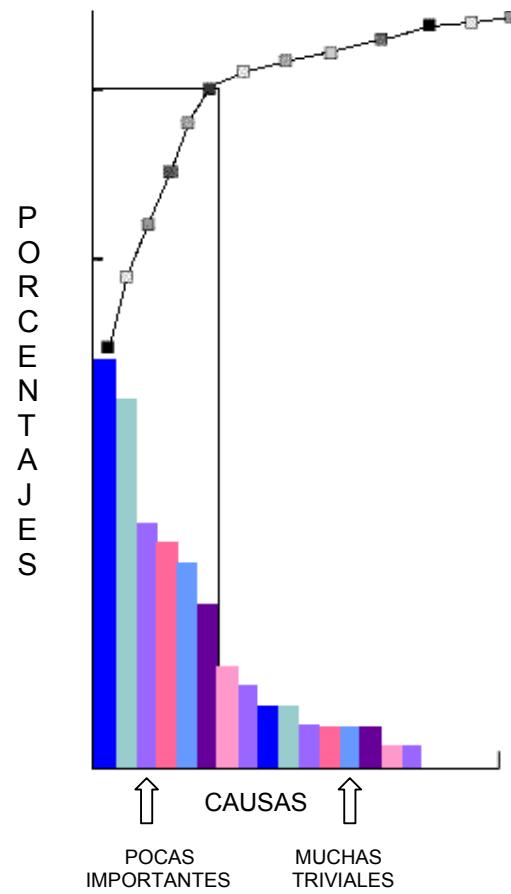


FIGURA 3.3. GRÁFICO DE PARETO

### 3.5.2 Análisis de Causa y Efecto

El diagrama causa-efecto es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema. Se conoce también como diagrama de

Ishikawa o diagrama de espina de pescado y se utiliza en las fases de Diagnóstico y Solución de la causa.

**Cómo interpretar un diagrama de causa-efecto:**

El diagrama causa-efecto es un vehículo para ordenar, de forma muy concentrada, todas las causas que supuestamente pueden contribuir a un determinado efecto. Nos permite, por tanto, lograr un conocimiento común de un problema complejo, sin ser nunca sustitutivo de los datos. Es importante ser conscientes de que los diagramas de causa-efecto presentan y organizan teorías. Sólo cuando estas teorías son contrastadas con datos podemos probar las causas de los fenómenos observables. Errores comunes son construir el diagrama antes de analizar globalmente los síntomas, limitar las teorías propuestas enmascarando involuntariamente la causa raíz, o cometer errores tanto en la relación causal como en el orden de las teorías, suponiendo un gasto de tiempo importante (6).



FIGURA 3.4 GRÁFICO DE CAUSA - EFECTO

Un diagrama de Causa-Efecto es de por sí educativo, sirve para que la gente conozca con profundidad el proceso con que trabaja, visualizando con claridad las relaciones entre los Efectos y sus Causas. Sirve también para guiar las discusiones, al exponer con claridad los orígenes de un problema de calidad. Y permite encontrar más rápidamente las causas asignables cuando el proceso se aparta de su funcionamiento habitual.

### 3.5.3 Pruebas de hipótesis

Al realizar pruebas de hipótesis, se parte de un valor supuesto (hipotético) en parámetro poblacional. Después de recolectar una muestra aleatoria, se compara la estadística muestral, así como la media ( $\bar{x}$ ), con el parámetro hipotético, se compara con una supuesta media poblacional ( $\mu_0$ ). Después se acepta o se rechaza el valor hipotético, según proceda. Se rechaza el valor hipotético sólo si el resultado muestral resulta muy poco probable cuando la hipótesis es cierta (4).

**Etapas 1.-** Planear la hipótesis nula y la hipótesis alternativa. La hipótesis nula ( $H_0$ ) es el valor hipotético del parámetro que se compra con el resultado muestral resulta muy poco probable cuando la hipótesis es cierta.

**Etapas 2.-** Especificar el nivel de significancia que se va a utilizar.

**Etapas 3.-** Elegir la estadística de prueba. La estadística de prueba puede ser la estadística muestral (el estimador no sesgado del parámetro que se prueba) o una versión transformada de esa estadística muestral.

**Etapas 4.-** Establecer el valor o valores críticos de la estadística de prueba.

**Etapas 5.-** Determinar el valor real de la estadística de prueba.



**Etapas 6.-** Tomar la decisión. Se compara el valor observado de la estadística muestral con el valor (o valores) críticos de la estadística de prueba. Después se acepta o se rechaza la hipótesis nula.

# **CAPÍTULO 4**

## **4. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA KAIZEN**

En el presente capítulo, se presenta la aplicación de cada uno de los puntos tratados en la teoría, se realizará la definición del problema justificando la elección del mismo en base a un análisis de costo beneficio. Se harán todos los estudios a las mediciones obtenidas en condiciones actuales y se realizarán los análisis correspondientes para obtener ensayos y en base a estos se escogerá la mejor opción que será implementada.

#### 4.1 Definición del problema

Para la definición del problema, primero se tratará puntos claves en los cuales Maseca presenta costos de ineficiencia en sus procesos productivos, entre los cuales encontramos los siguientes:

1) Rendimiento de la madera, para el cual se calculó un costo de inversión aproximado de US 500,000 dólares ya que solo se necesitaría capacitar al personal y acondicionar maquinaria, pero se obtendría un beneficio de US 12,050,000 dólares en ahorro del costo de proceso de madera.

2) Flujo del proceso, en este caso el costo calculado fue de US 1,200,000 dólares el cual se produciría por la instalación de nuevas maquinarias, acondicionamientos del área de trabajo y movimiento de las máquinas ya existentes, con lo que obtendríamos un beneficio aproximado de US 2,100,000 dólares.

3) Inventario de madera, el costo de inversión ponderado para este punto es US 800,000 dólares, ya que la mayor parte se encuentra en el stock de madera seca, para lo cual se consideró incrementar maquinarias y personal con el fin de incrementar producción lo que resultaría en un beneficio aproximado de US 8,000,000.

Con un análisis esfuerzo - beneficio, se evaluarán los tres puntos nombrados anteriormente, para determinar sobre cuál realizar el estudio.

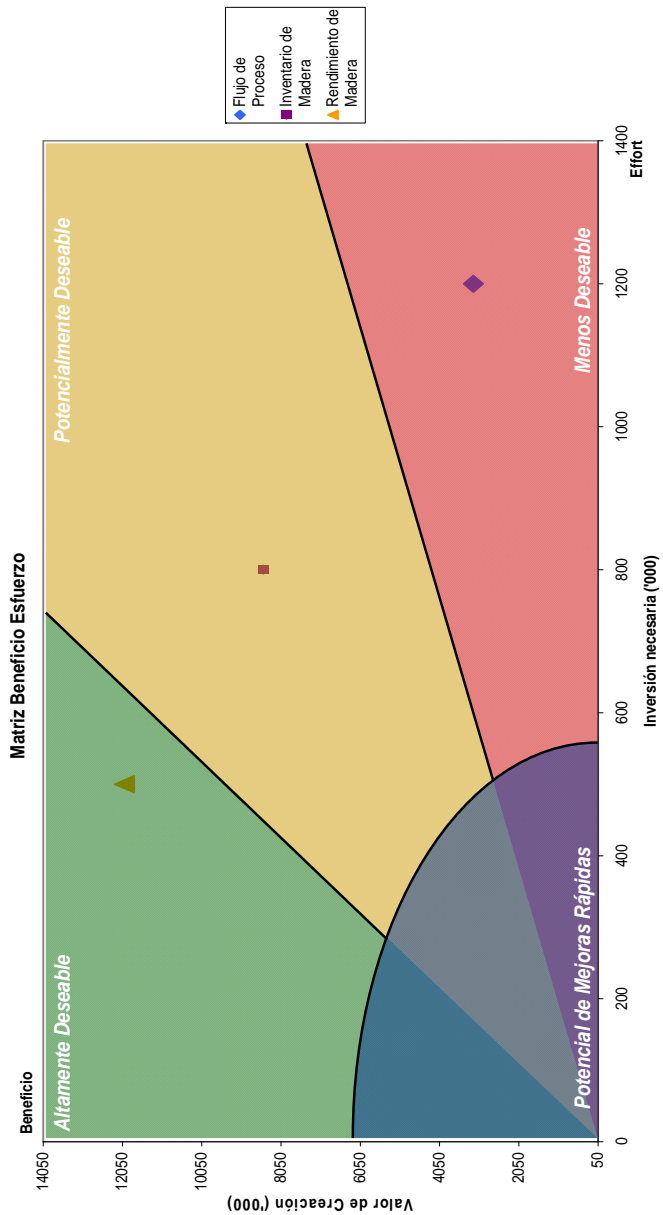


FIGURA 4.1 MATRIZ BENEFICIO - ESFUERZO

La figura 4.1, muestra la relación Valor de Creación, que es el valor presente de la ganancia estimada a ocho años, y la Inversión Necesaria en miles de dólares, de cada uno de los tópicos. Se puede diferenciar cuatro áreas en la matriz: *Altamente Deseable*, *Potencialmente Deseable*, *Menos Deseable* y *Potencial de Mejoras Rápidas*. Se observa que el Rendimiento de madera es el punto que tiene el beneficio esperado más alto y la inversión requerida menor, en relación al Flujo del proceso y el Inventario de madera, por lo cual nos enfocaremos en este punto.

TABLA 2  
NUEVO ABASTECIMIENTO DE MADERA DE BALSA

| Año  | Demanda Proyectada de ACBE (MBft.) | Nuevo Abastecimiento de Madera en ACBE (MBft.) | Déficit Final (MBft.) |
|------|------------------------------------|--|-----------------------|
| 2004 | 31.309,6                           | 28.575,0                                       | 2.734,6               |
| 2005 | 33.510,6                           | 30.861,5                                       | 2.649,1               |
| 2006 | 35.085,6                           | 35.082,4                                       | 3,2                   |
| 2007 | 36.980,2                           | 35.221,9                                       | 1.758,3               |
| 2008 | 38.977,1                           | 36.601,1                                       | 2.376,0               |
| 2009 | 40.974,1                           | 32.933,2                                       | 8.040,8               |
| 2010 | 43.073,3                           | 31.569,7                                       | 11.503,6              |
| 2011 | 45.280,1                           | 42.103,7                                       | 3.176,4               |
| 2012 | 47.599,9                           | 43.153,7                                       | 4.446,2               |
| 2013 | 50.038,6                           | 44.650,9                                       | 5.387,8               |

---

<sup>1</sup> Board feet (Bft.): Medida volumétrica usada por Alcan para comercializar sus productos.  
1 Bft. = 1 pie<sup>2</sup> x 1 pulg.

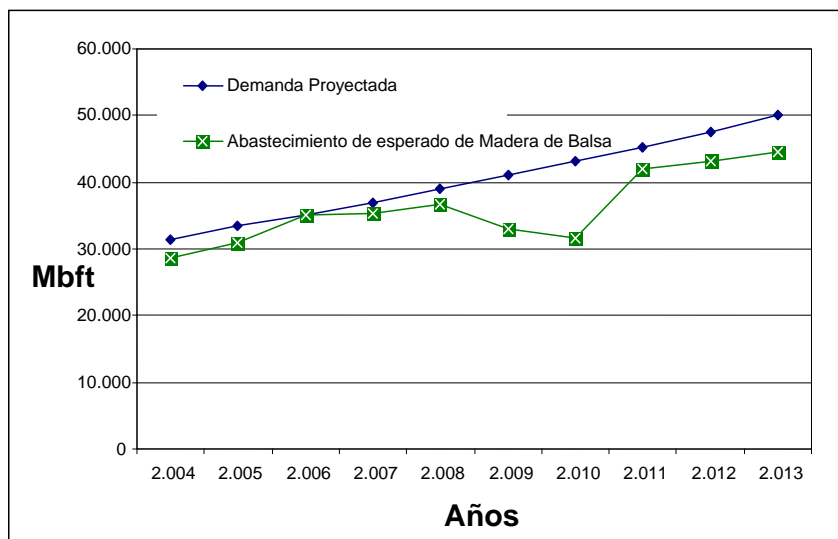


FIGURA 4.2 DEMANDA PROYECTADA VS. ABASTECIMIENTO ESPERADO DE MADERA PARA EL AÑO 2004 HASTA EL 2013

Fuente: Alcan, Estudio de Estrategia de Balsa. Ene-04

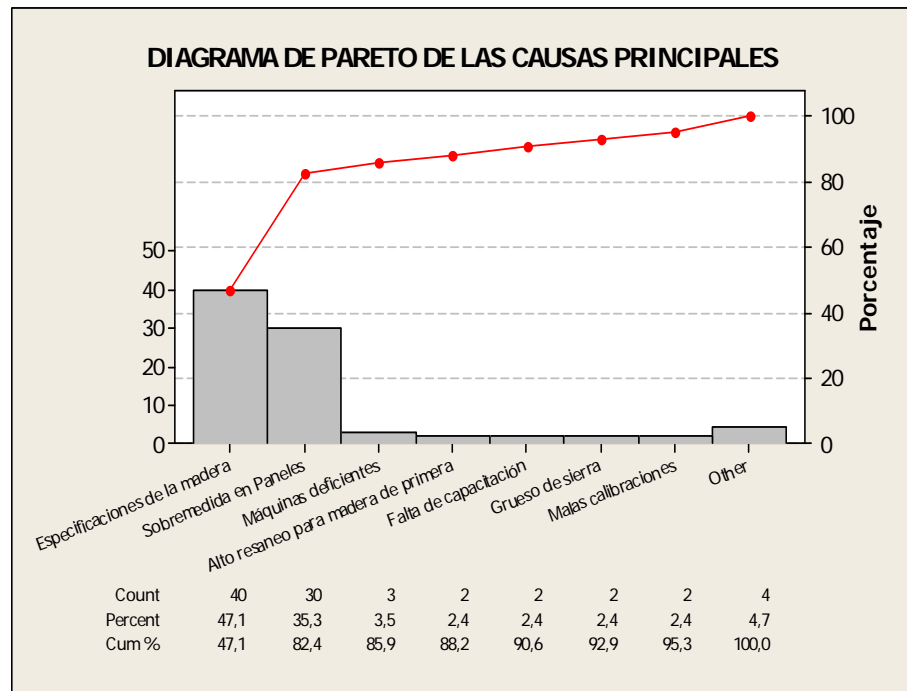
La figura 4.2 muestra una proyección al año 2013 del comportamiento de la demanda en productos de balsa, la cual fue calculada en base a un incremento anual del 5%. El abastecimiento de balsa esperado para los próximos años es la suma de balsa natural existente más plantaciones de la compañía y las nuevas tierras a sembrar. Los datos que encontramos están en unidades de Mbft<sup>1</sup>, lo cual proviene de la medida de venta de la madera, la cual no podrá ser cubierta como muestra la gráfica.

Por tal motivo, es necesario mejorar el **rendimiento de la madera** con el fin de cubrir o por lo menos disminuir este déficit. Luego de realizar una lluvia de ideas en la cual estuvieron involucrados personal del área de plantaciones, producción, ventas y gerentes responsables, se determinó las causas principales por las que el rendimiento en los talleres de producción de las plantas disminuye, que fueron calificadas en la siguiente tabla:

TABLA 3  
CAUSAS DEL RENDIMIENTO BAJO

|  |    |
|--|----|
| Especificaciones de la madera de calidad R8          | 40 |
| Medidas de presentación de plantillas                | 2  |
| Exceso de sobremedida en espesor de los Paneles D100 | 30 |
| Máquinas deficientes                                 | 3  |
| Alto resaneo para madera de primera                  | 2  |
| Falta de capacitación                                | 2  |
| Grueso de sierra                                     | 2  |
| Malas calibraciones                                  | 2  |
| Otros  | 2  |

Con la tabla 3 se construyó un diagrama de Pareto para visualizar las causas principales por las que el rendimiento actual es bajo.



**FIGURA 4.3: DIAGRAMA DE PARETO DE LAS CAUSAS PRINCIPALES POR LAS QUE EL RENDIMIENTO ACTUAL ES BAJO**

Se puede apreciar en la figura 4.3, que el 82.4% de las causas del desperdicio se deben a las especificaciones de la madera R8 y el exceso de sobremedida a que se están cortando los Paneles en D-100, por lo que nos enfocaremos el estudio de estos dos casos.

El alcance del proyecto a realizar para la tesis incluirá desde el proceso del taller de resaneo, hasta el embalaje de los paneles terminados de madera de Balsa. A continuación se realiza un cuadro



SIPOC (Proveedores – Entradas – Procesos - Salidas – Clientes, en español), para visualizar el alcance del proyecto.

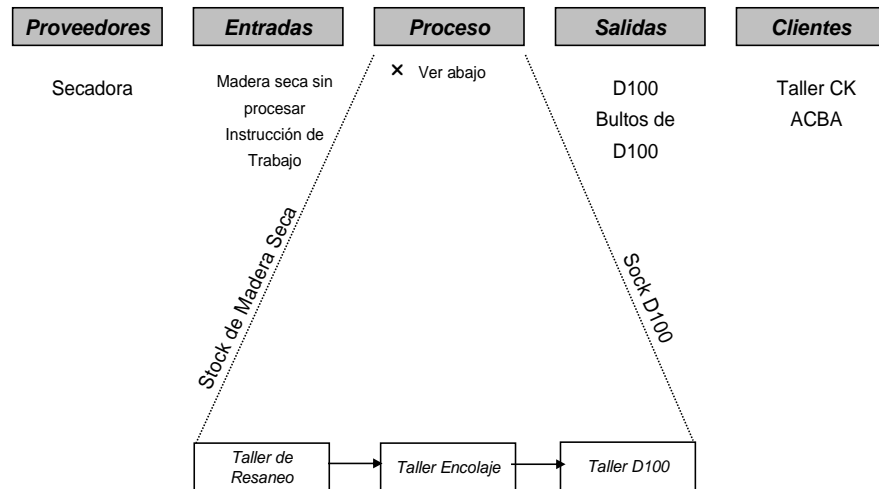


FIGURA 4.4: DIAGRAMA SIPOC DEL PROCESO MEJORADO

Entre las medidas claves estará el obtener el rendimiento actual de los talleres y compararlo con el rendimiento mejorado, por lo tanto el objetivo del proyecto es lograr un incremento en el rendimiento de la madera del 10%, basados en la mejora que se pueda lograr al limpiar menos la madera y reduciendo la sobremedida de corte en los paneles de D-100.

## 4.2 Uso de herramientas para medición

La fase de medición debe reflejar la situación actual de la empresa, para esto debemos seguir los siguientes pasos:

- a. Validar el Sistema de Medición
- b. Determinar el tamaño de la muestra
- c. Seleccionar la muestra
- d. Establecer el mapa de flujo de valor del proceso

Para realizar cada una de las mediciones del sistema actual se ha dividido el proceso en tres talleres de producción, ya que en cada uno se obtiene un producto final para la siguiente unidad de proceso.

La forma de medir se hará de la siguiente manera:

- Para los procesos que se realizan en el taller de resaneo, se trabajará con pesos de la madera en gramos, para obtener una medida más precisa en cada uno de los procesos del taller.
- En el caso de encolaje, se trabajará con volúmenes en pulgadas cúbicas, esto se debe a que aquí existe una variación del volumen del bloque presentado antes de encolar, una vez que está encolado en prensa y luego de que sale de las prensas debido a la expansión de la madera.

- Para los procesos en D-100, se volverá a tomar las mediciones por medio de pesos en gramos, con el mismo fin de obtener una mayor exactitud en los rendimientos.

A continuación, se presenta cada uno de los procesos en forma más detallada en mapa de flujo de valor, resaltando el problema a tratar: rendimiento de madera.

- **Taller de Resaneo**
  - **Validación del Sistema de Medición**

Para el análisis del sistema de medición en el Taller de Resaneo, se realizó una prueba en donde dos operadores pesaron cinco piezas antes y después del proceso, repitiendo dicha medición ambos operadores.

TABLA 4  
PORCENTAJE DE VARIACIÓN PARA  
VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

| <b>FUENTE</b>                                     | <b>COMPONENTE DE VARIACIÓN</b> | <b>%CONTRIBUCIÓN DEL COMPONENTE DE VARIACIÓN</b> |
|---|--------------------------------|--|
| <b>Total Repetibilidad &amp; Reproducibilidad</b> | 0,00144                        | 0,11   |
| <b>Repetibilidad</b>                              | 0,00144                        | 0,11   |
| <b>Reproducibilidad</b>                           | 0,00000                        | 0,00   |
| <b>Parte a Parte</b>                              | 1,35328                        | 99,89  |
| <b>Total de Variación</b>                         | 1,35472                        | 100,00   |

Se dice que un proceso de medición es consistente cuando los resultados para operadores son repetibles y los resultados entre operadores son reproducibles.

Los gráficos que se mencionan a continuación verlos en el Anexo C.

En el gráfico 'Componentes de Variación' se puede apreciar que la mayor contribución del componente de variación estudiado (Repetibilidad, Reproducibilidad y Variación de Pieza a Pieza), la tiene la variación encontrada de pieza a pieza.

En el 'Gráfico R por Operador' se puede revisar la repetibilidad, donde se muestra las diferencias en las mediciones de cada operador en cada pieza de la prueba. Como la diferencia entre el valor más grande de una pieza medida (0,13) no excede el USL (0,1438), la calibración y el operador son repetibles.

Si se visualiza el 'Gráfico X barra por Operador' se detecta si el error del instrumento de medición es aceptable, para esto es deseable ver cuadros que van consistentemente más allá del UCL y LCL (11,08; 10,914) porque los límites son determinados por la variación de calibración del instrumento y esos cuadros deben mostrar que la variación de calibración es mucho más pequeña que la variabilidad dentro de las partes.

En los tres últimos gráficos se puede observar que las mediciones de las piezas son consistentes entre operadores, lo que nos permite asegurar en que los

datos obtenidos en las futuras mediciones serán confiables.

Debido a que la variación de repetibilidad y reproducibilidad es menor al 30%, podemos concluir con que nuestro sistema de medición es confiable.

- **Determinación del tamaño de la muestra y poder estadístico del Estudio**

TABLA 5  
CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA EN  
EL TALLER DE RESANEO

|                         |                                       |                                  |
|-------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| $\alpha = 0,05$         |                                       |                                  |
| $\hat{\sigma} = 0,0319$ |                                       |                                  |
| Diferencia<br>0,02      | Tamaño de la<br>Muestra<br><b>300</b> | Poder<br>estadístico<br>0,969479 |

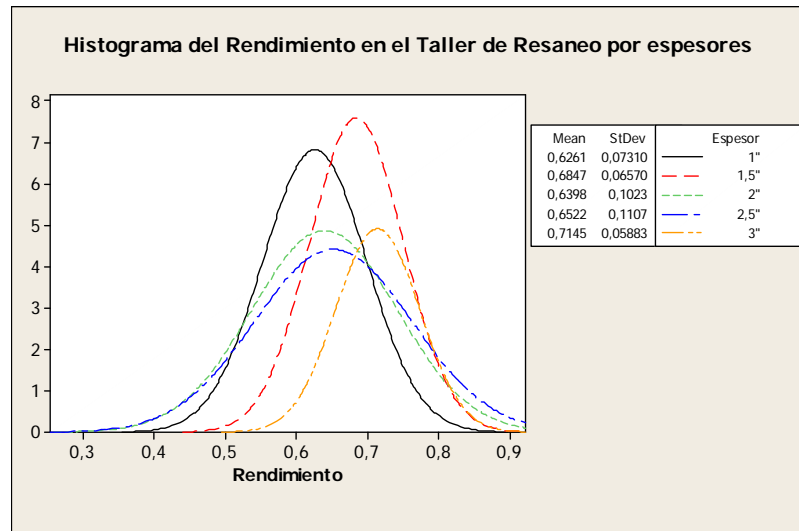
Para determinar el tamaño de la muestra en el Taller de Resaneo se seleccionó una muestra piloto y se determinó la varianza de la variable objetivo, rendimiento por pieza.

- **Selección de la muestra**

Para la selección de la muestra se utilizó la técnica de muestreo aleatorio simple, del cual se obtuvieron los siguientes resultados por espesor.

TABLA 6  
RENDIMIENTOS PROMEDIO POR ESPESOR

| <b>Espesor</b> | <b>Rendimiento Promedio</b> | <b>Desviación Estándar</b> |
|----------------|-----------------------------|----------------------------|
| 1"             | 0,6261                      | 0,0731                     |
| 1.5"           | 0,6847                      | 0,0657                     |
| 2"             | 0,6398                      | 0,0879                     |
| 2.5"           | 0,6522                      | 0,0853                     |
| 3"             | 0,7145                      | 0,06422                    |



**FIGURA 4.5: HISTOGRAMAS DEL RENDIMIENTO POR ESPESOR**

En el Anexo D, se muestra el mapa de flujo de valor correspondiente al taller de resaneo.

- **Encolaje**
  - **Validación del Sistema de Medición**

Para el análisis del sistema de medición en el Taller de Encolaje, se realizó una prueba en donde dos operadores midieron cada uno diez bloques antes y



después de encolarlos en las prensas, repitiendo dicha medición ambos operadores.

TABLA 7  
PORCENTAJE DE VARIACIÓN PARA  
VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

| <b>FUENTE</b>                                 | <b>COMPONENTE DE VARIACIÓN</b> | <b>% CONTRIBUCIÓN DEL COMPONENTE DE VARIACIÓN</b> |
|---|--------------------------------|---|
| <b>Total Repetibilidad y Reproducibilidad</b> | 0,013710                       | 13,62   |
| <b>Repetibilidad</b>                          | 0,004421                       | 4,39  |
| <b>Reproducibilidad</b>                       | 0,009289                       | 9,23  |
| <b>Bloque a bloque</b>                        | 0,086914                       | 86,38   |
| <b>Total de Variación</b>                     | 0,100623                       | 100,00  |

En la tabla 7 se puede apreciar que la mayor contribución del componente de variación estudiado (Repetibilidad, Reproducibilidad y Variación de Bloque a Bloque), la tiene la variación encontrada de bloque a bloque.

Los gráficos que se mencionan a continuación verlos en el Anexo E.

En el 'Gráfico R por Operador' se puede revisar la repetibilidad, donde se muestra las diferencias en las mediciones de cada operador en cada bloque de la prueba. Como la diferencia entre el valor más grande de un bloque medido (0,25) excede el USL (0,22), la calibración del instrumento de medición no es suficiente, pero sin embargo los operadores obtienen mediciones repetibles.

En el 'Gráfico X barra por Operador' se puede detectar si el error del instrumento de medición es aceptable, para esto es deseable ver cuadros que van consistentemente más allá del UCL y LCL (2,370; 2,111) porque los límites son determinados por la variación de calibración del instrumento y esos cuadros deben mostrar que la variación de calibración es mucho más pequeña que la variabilidad dentro de los bloques.

En los tres últimos gráficos se puede observar que las mediciones de los bloques presentan cierta variación entre operadores, la cual no es significativa y nos

permite asegurar en que los datos obtenidos en las futuras mediciones serán confiables.

Debido a que la variación de repetibilidad y reproducibilidad es menor al 30%, podemos concluir con que nuestro sistema de medición es confiable.

- **Determinación del tamaño de la muestra y poder estadístico del estudio**

Para determinar el tamaño de la muestra en el Taller de Encolaje se seleccionó una muestra piloto y nuevamente se determinó la varianza de la variable objetivo, rendimiento por bloque.

TABLA 8  
CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA EN  
EL TALLER DE ENCOLAJE

|                           |                                     |                                  |
|---------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| $\alpha = 0,05$           |                                     |                                  |
| $\hat{\sigma} = 0,004841$ |                                     |                                  |
| Diferencia<br>0,01        | Tamaño de la<br>Muestra<br><b>6</b> | Poder<br>estadístico<br>0,895951 |

○ **Selección de la muestra**

Para la selección de la muestra se utilizó la técnica de muestreo aleatorio simple, del cual se obtuvieron los siguientes resultados por espesor.

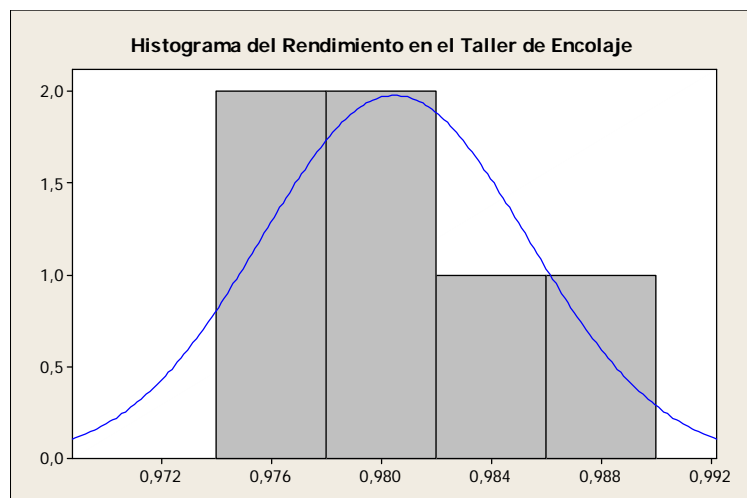


FIGURA 4.6 HISTOGRAMA DEL RENDIMIENTO  
EN ENCOLAJE

En el Anexo F, se muestra el mapa de flujo de valor del taller de encolaje.

- **D-100**
  - **Validación del Sistema de Medición**

Para el análisis del sistema de medición en el Taller de D-100, se realizó una prueba en donde dos operadores midieron cada uno diez Paneles, repitiendo dicha medición ambos operadores.

TABLA 9  
PORCENTAJE DE VARIACIÓN PARA  
VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

| <b>FUENTE</b>                                 | <b>COMPONENTE DE VARIACIÓN</b> | <b>%CONTRIBUCIÓN DEL COMPONENTE DE VARIACIÓN</b> |
|---|--------------------------------|--|
| <b>Total Repetibilidad y Reproducibilidad</b> | 0,0000015                      | 0,02   |
| <b>Repetibilidad</b>                          | 0,0000015                      | 0,02   |
| <b>Reproducibilidad</b>                       | 0,0000000                      | 0,00   |
| <b>Panel a Panel</b>                          | 0,0067364                      | 99,98  |
| <b>Total de Variación</b>                     | 0,0067379                      | 100,00   |

Los gráficos mencionados posteriormente verlos en el Anexo G.

En el gráfico 'Componentes de Variación' se puede apreciar que la mayor contribución del componente de variación estudiado (Repetibilidad, Reproducibilidad y Variación Panel a Panel), la tiene la variación encontrada Panel a Panel.

En el 'Gráfico R por Operador' se puede revisar la repetibilidad, donde se muestra las diferencias en las mediciones de cada operador en cada Panel de la prueba. Como la diferencia entre el valor más grande de la Panel medida (0,004) no excede el USL (0,004574), la calibración del instrumento de medición y los operadores obtienen mediciones repetibles.

Si visualizamos el 'Gráfico X barra por Operador' podremos detectar si el error del instrumento de medición es aceptable, para esto es deseable ver cuadros que van consistentemente más allá del UCL y

LCL (4,3642; 4,3590) porque los límites son determinados por la variación de calibración del instrumento y esos cuadros deben mostrar que la variación de calibración es mucho más pequeña que la variabilidad dentro de los Paneles.

En los tres últimos gráficos se puede observar que las mediciones de los Paneles no presentan variación entre operadores y nos permite asegurar en que los datos obtenidos en las futuras mediciones serán confiables.

Debido a que la variación de repetibilidad y reproducibilidad es menor al 30%, podemos concluir con que nuestro sistema de medición es confiable.

- **Determinación del tamaño de la muestra y poder estadístico del estudio**

Para determinar el tamaño de la muestra en el Taller de D-100 se seleccionó una muestra piloto en donde

se determinó la varianza de la variable objetivo, rendimiento por panel.

TABLA 10  
CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA  
EN EL TALLER DE D-100

|                           |                                      |                                  |
|---------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| $\alpha = 0,05$           |                                      |                                  |
| $\hat{\sigma} = 0,005322$ |                                      |                                  |
| Diferencia<br>0,005       | Tamaño de la<br>Muestra<br><b>36</b> | Poder<br>estadístico<br>0,975622 |

○ **Selección de la muestra**

Para la selección de la muestra se utilizó la técnica de muestreo aleatorio simple y se determinó el rendimiento ponderado por espesor, tomando como factor de ponderación el porcentaje de producción exportada en cada uno de los espesores en el 2004.



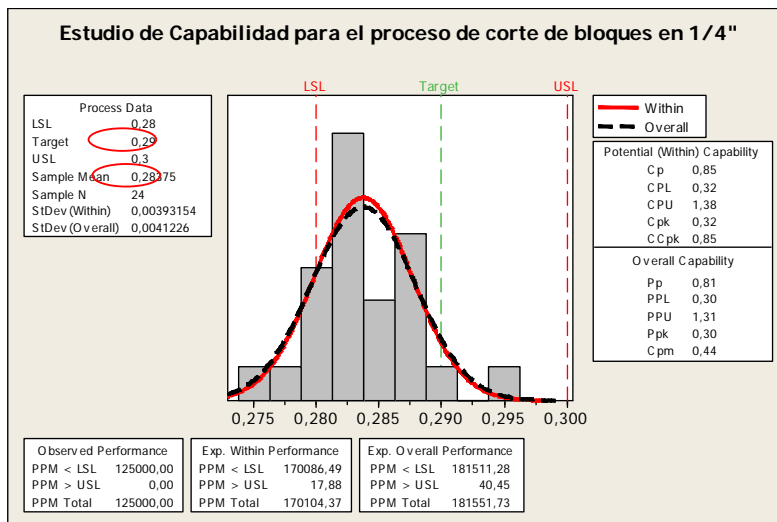
TABLA 11  
RENDIMIENTOS PROMEDIO POR ESPESOR

| Esesor                               | ¼"     | 3/8"   | 1/2"   | 5/8"   | 3/4"   | 1"     | Promedio Ponderado |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------|
| <b>Factor de Ponderación</b>         | 0,0336 | 0,0685 | 0,2465 | 0,1322 | 0,312  | 0,2071 | <b>1,000</b>       |
| <b>Rendimiento en el Taller D100</b> | 0,5950 | 0,6998 | 0,7409 | 0,7725 | 0,8372 | 0,8210 | <b>0,7830</b>      |

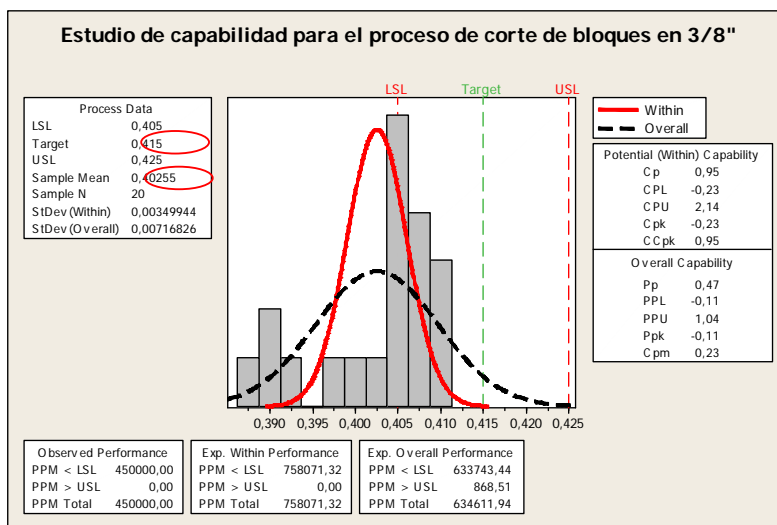
En el Anexo H, se muestra el mapa de flujo de valor para el taller de D-100

- **Estudio de Capabilidad**

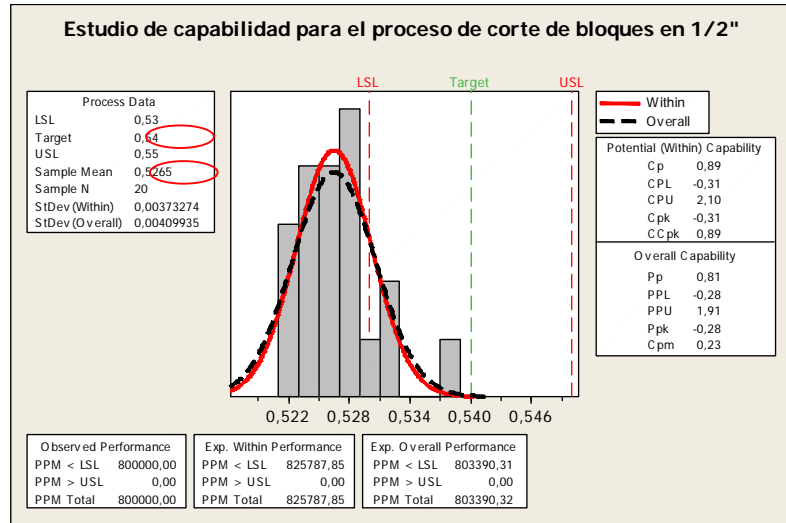
Con el fin de estudiar la variación de los espesores de corte al producir paneles D100, se elaboró un estudio de capabilidad, en donde se determinó la distribución de cada uno de los espesores producidos en el taller D100.



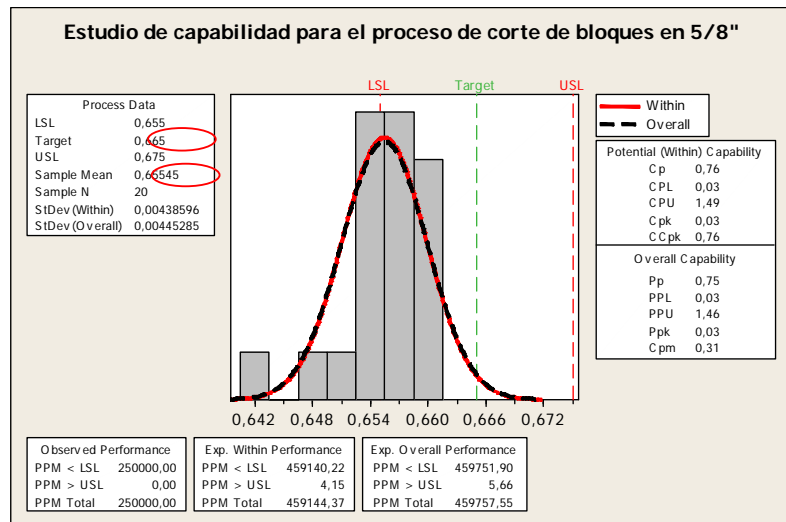
**FIGURA 4.7**  
**CAPABILIDAD PARA CORTE DE BLOQUES EN 1/4"**



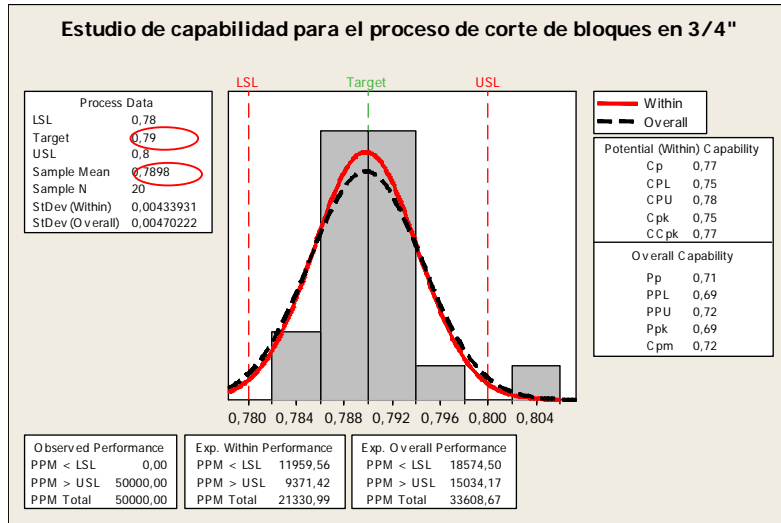
**FIGURA 4.8**  
**CAPABILIDAD PARA CORTE DE BLOQUES EN 3/8"**



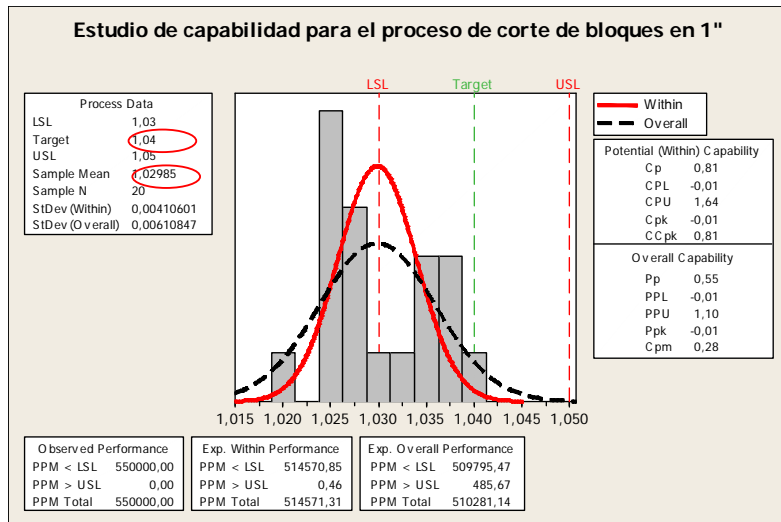
**FIGURA 4.9**  
CAPABILIDAD PARA CORTE DE BLOQUES EN 1/2"



**FIGURA 4.10**  
CAPABILIDAD PARA CORTE DE BLOQUES EN 5/8"



**FIGURA 4.11**  
**CAPABILIDAD PARA CORTE DE BLOQUES EN 3/4"**



**FIGURA 4.12**  
**CAPABILIDAD PARA CORTE DE BLOQUES EN 1"**

Como se puede apreciar en los gráficos anteriores, para todos los espesores el promedio de corte es diferente al objetivo que se debería alcanzar, por lo que la distribución no es exacta. Además, la distribución es más ancha que los límites de especificación presentados, por lo que la distribución también se vuelve poco precisa.

Con los límites de especificación presentados para cada espesor, actualmente el promedio en que se está lijando cada panel, luego del corte, para darle la medida final es de 45 milésimas de pulgada.

### **4.3 Desarrollo de las herramientas para el análisis de datos**

Luego de determinar las mediciones de la situación actual de los talleres de resaneo, encolaje y D100, procedemos a identificar las oportunidades y posibles mejoras de dichos procesos.

Ayudados de una lluvia de ideas y luego clasificando las grandes causas por las cuales se producen desperdicios en los talleres, se llegó mediante un gráfico de Pareto, que cambiando las especificaciones internas para la madera con calidad R8 / 11 (Ver Anexo B) y cambiando las especificaciones de corte de paneles en el proceso de D100, podemos actuar sobre el 60% de las oportunidades para mejorar el rendimiento de la madera en planta.

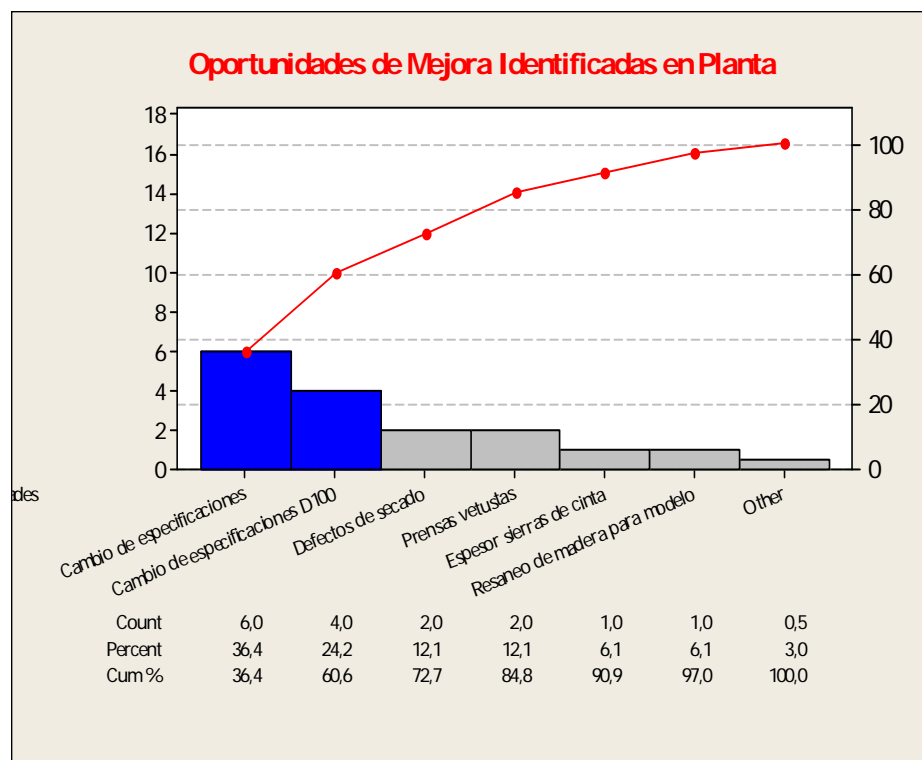


FIGURA 4.13. PARETO DE LAS OPORTUNIDADES DE MEJORA EN PLANTA

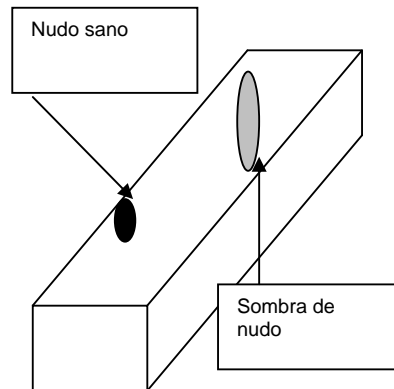
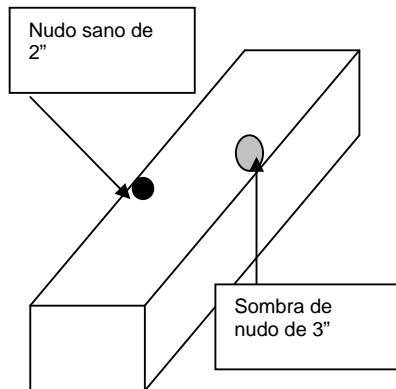
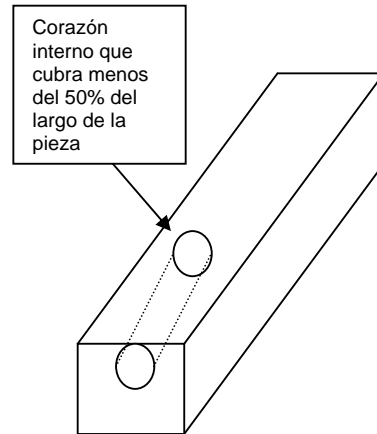
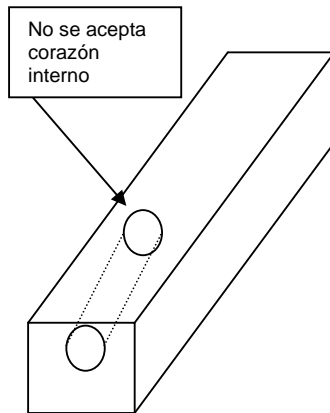
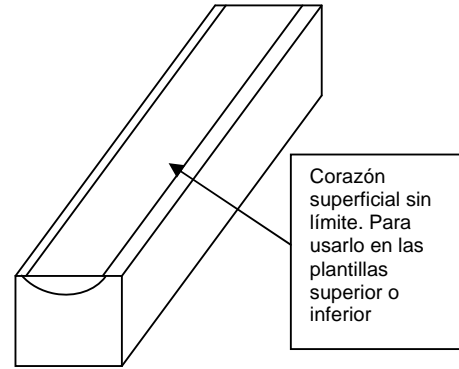
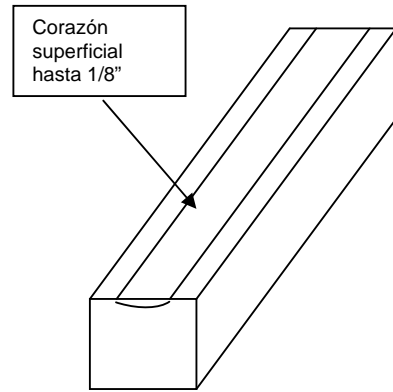
Al estudiar las especificaciones para la madera de calidad R8/11, se puede apreciar que podemos tolerar algunos defectos tanto en los espesores como en aberturas, también podemos aceptar el corazón superficial para que este sea utilizado en las plantillas superior e inferior de los bloques de madera a ser encolados.

Se podrá limpiar un costado de la madera dejándola un poco peluda, ya que estas piezas podrían pegar fácilmente y si es muy grande el pelo y menor a  $\frac{1}{4}$ ", estos palos pueden ser usados en los costados de las plantillas.

Aplicando las modificaciones, no habría problemas en el corte de bloques en tajadas, ya que inicialmente los bloques tienen dimensiones de  $24 \frac{1}{2}$ " por  $48 \frac{1}{2}$ ", entonces, las tajadas son luego cortadas para que queden en dimensiones de 24" por 48", con lo cual se perderían las fallas que se dejen tanto en los costados como en la parte superior e inferior. A continuación se presenta un gráfico para demostrar lo que se explica:

**Sistema Actual**

**Sistema a implementar**



**Sistema Actual**

**Sistema a implementar**



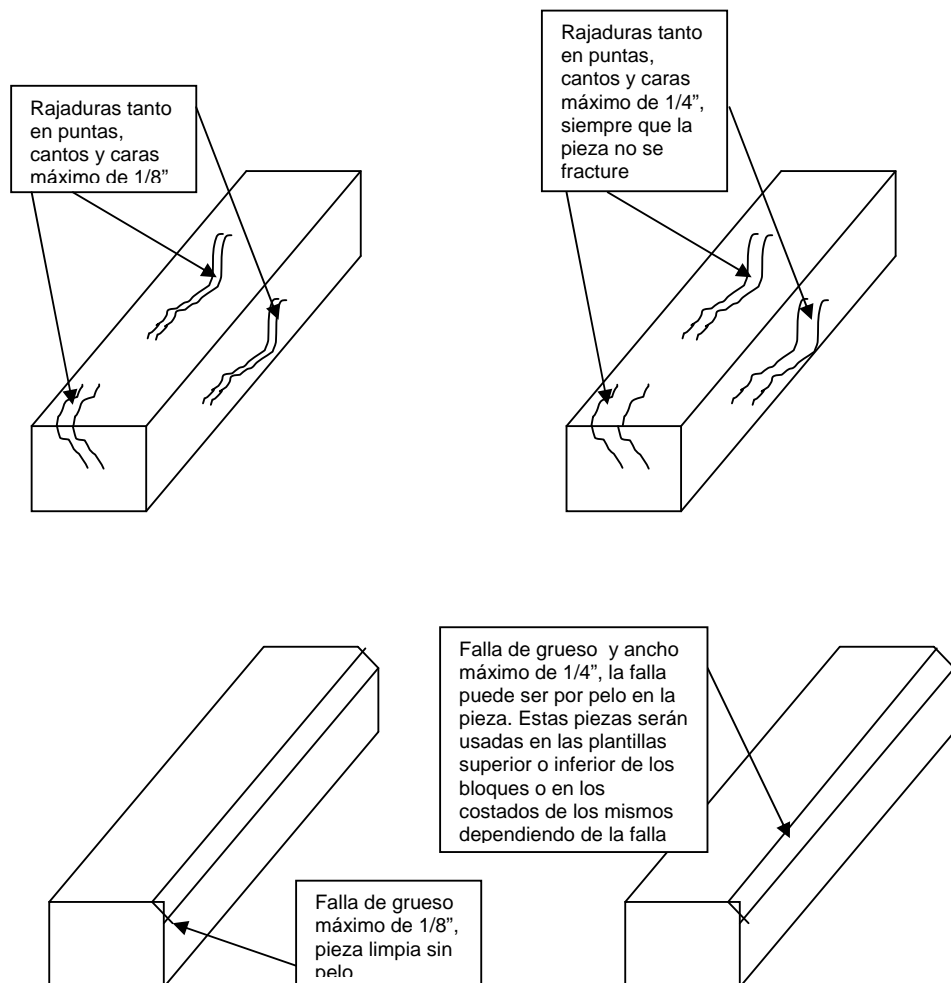


FIGURA 4.14. COMPARACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL VERSUS EL IMPLEMENTADO EN LA CALIFICACIÓN DE LA MADERA CALIDAD R8/11

Las fallas en las puntas de las piezas son eliminadas con el primer corte llamado de limpieza, luego estas tajadas son cortadas a dimensiones finales de 24" por 48", y con esto podremos eliminar las fallas que existían en los costados y caras del bloque, debido a esto,

el producto final no se verá afectado. El resto de fallas que se aceptará en la madera afectará en la reparación de paneles, lo que se analizará para saber que no se incrementará en un porcentaje mayor a la recuperación que se obtenga en la madera.

Para el caso de D-100, se probará reducir el espesor de corte de pulgadas en las tajadas, es decir, se bajará la medida de corte con el fin de que se lije lo menos posible las tajadas, con esto se reducirá los límites de especificación para que el panel sea lijado un promedio de 35 milésimas de pulgadas, tratando de disminuir 10 milésimas de pulgada con lo que se recuperará más madera.

#### **4.4 Descripción de ensayos realizados**

Antes de la implementación total de las mejoras propuestas que pudieran resultar en un ahorro de madera, se realizaron ensayos pilotos para poder deducir los problemas o inconvenientes que se pudieran presentar, para el caso de los procesos en el taller de resaneo, se presentó dificultades en el momento de la calificación de la madera, pero luego de realizar algunos ensayos, este se fue perfeccionando y se alcanzaron las especificaciones propuestas.

En los procesos de encolaje, hubieron dificultades en la presentación de las plantillas, por tal motivo, la madera que iba a ser utilizada para los extremos y parte superior e inferior del bloque, se la identificó directamente en la calificación de madera en el taller de resaneo.

Para los procesos de D-100, la reducción del espesor de corte se llegó a reducir en 10 milésimas de pulgadas de espesor, para que las tajadas no tengan problemas en el proceso de lijado.

Con todos los datos obtenidos en la muestra piloto de las mejoras propuestas, se puede llegar a la conclusión de que todos los ensayos realizados llevarán a resultados positivos en cuanto a la reducción del consumo de madera.

A continuación, se presentan algunas muestras de cómo se obtendrá la madera suelta, los bloques y los paneles de D-100:



FIGURA 4.15. MADERA CON EL NUEVO SISTEMA

FIGURA 4.16. BLOQUES Y TAJADAS D-100 CON  
NUEVO SISTEMA

#### 4.5 Implementación de mejora

Para la implementación de la mejora, se empezó con el taller de resaneo, se trabajaron los distintos espesores con el nuevo sistema y se tomaron los nuevos rendimientos en la madera, de los cuales se obtuvo lo siguiente:

TABLA 12  
RENDIMIENTOS DE LA MADERA EN TALLER DE RESANEO  
(PROCESO MEJORADO)

| Esesor | Rendimiento Promedio | Desviación Estándar |
|--------|----------------------|---------------------|
| 1"     | 0,6678               | 0,09566             |
| 1.5"   | 0,7291               | 0,06472             |
| 2"     | 0,7649               | 0,08799             |
| 2.5"   | 0,7919               | 0,03818             |
| 3"     | 0,8014               | 0,05561             |

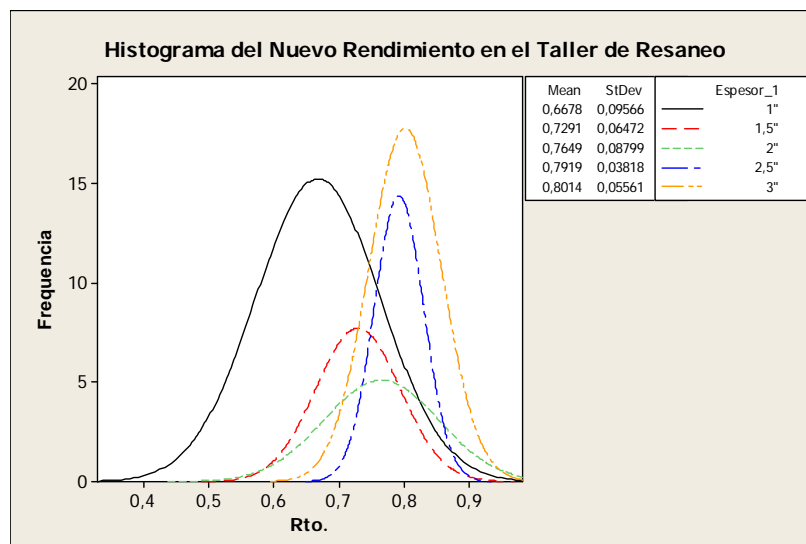


FIGURA 4.17. HISTOGRAMA CON RENDIMIENTOS DEL TALLER DE RESANEO (NUEVO SISTEMA)

Luego se procedió a tomar los rendimientos con el nuevo proceso en el Taller D100, reduciendo las medidas de corte y límites de especificación, se obtuvieron los valores descritos en la tabla abajo:

TABLA 13  
RENDIMIENTOS DE LA MADERA EN TALLER DE D-100  
(PROCESO MEJORADO)

| Espesor                      | 1/4"   | 3/8"   | 1/2"   | 5/8"   | 3/4"   | 1"     | Promedio Ponderado |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------|
| <i>Factor de ponderación</i> | 0,0336 | 0,0685 | 0,2465 | 0,1322 | 0,312  | 0,2071 | <b>1,000</b>       |
| <b>D100</b>                  | 0,7629 | 0,7927 | 0,8378 | 0,8478 | 0,8922 | 0,8210 | <b>0,8469</b>      |

#### 4.6 Análisis de los resultados obtenidos

Una vez implementada la mejora en los procesos en los que se afecta la calidad de la madera, se realiza un análisis de los beneficios obtenidos.

Los siguientes gráficos corresponden al taller de resaneo, en los cuales se puede apreciar los rendimientos de madera obtenidos en cada uno de los espesores trabajados, tanto del proceso anterior como del mejorado:

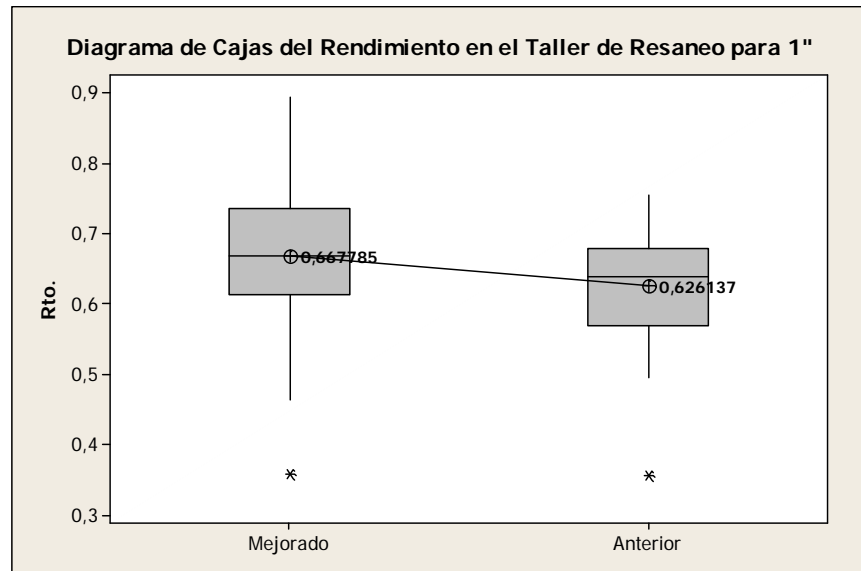


FIGURA 4.18. COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO PARA 1"

TABLA 14  
PRUEBA T PARA EL RENDIMIENTO EN  
EL TALLER DE RESANEO PARA 1"

$H_0$ : El rendimiento promedio mejorado es *mayor* al rendimiento promedio anterior en 1"

vs.

$H_1$ : No es verdad  $H_0$

$$T = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S / \sqrt{n}}$$

T-Value = 2,81    Valor p = 0,003    DF = 194

En la tabla 14, se muestran los valores del estadístico de la prueba t de student, el valor p y los grados de libertad de la prueba, que

indican que existe una diferencia significativa a favor del rendimiento mejorado para 1".

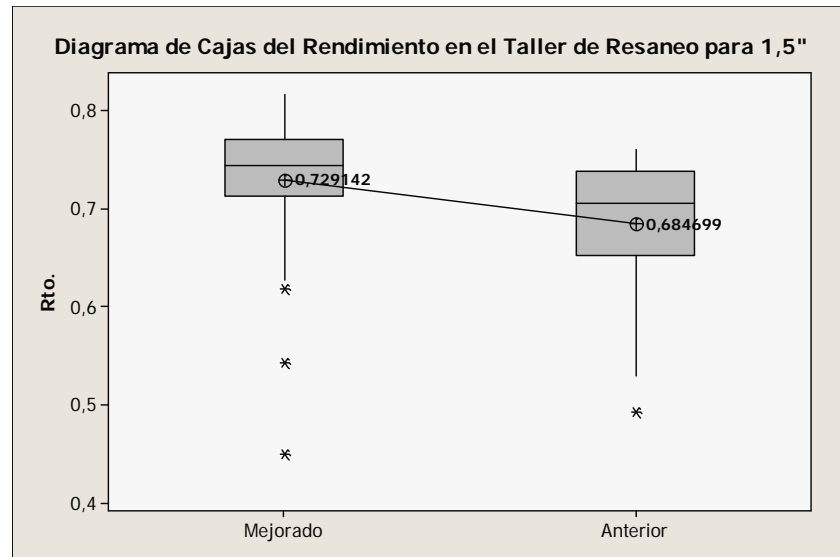


FIGURA 4.19. COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO PARA 1,5"

TABLA 15  
PRUEBA T PARA EL RENDIMIENTO EN  
EL TALLER DE RESANEO PARA 1,5"

$H_0$ : El rendimiento promedio mejorado es *mayor* al rendimiento promedio anterior en 1,5"

vs.

$H_1$ : No es verdad  $H_0$

$$T = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S / \sqrt{n}}$$

T-Value = 3,41    Valor p = 0,000    DF = 98



En la tabla 15, se observan los valores del estadístico de la prueba t de student, el valor p y los grados de libertad de la prueba, que indican que existe una diferencia significativa a favor del rendimiento mejorado para 1,5".

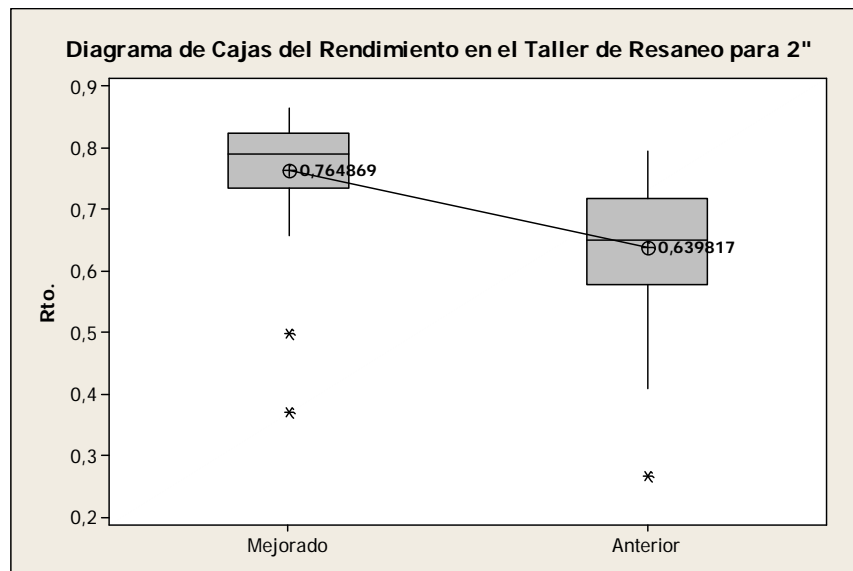


FIGURA 4.20. COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO PARA 2"

TABLA 16  
PRUEBA T PARA EL RENDIMIENTO EN  
EL TALLER DE RESANEO PARA 2"

$H_0$ : El rendimiento promedio mejorado es *mayor* al rendimiento promedio anterior en 2"

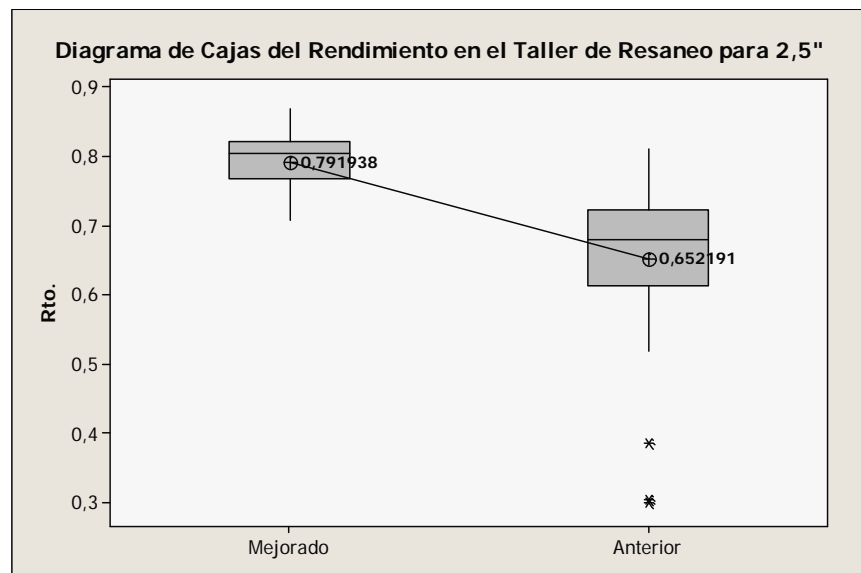
vs.

$H_1$ : No es verdad  $H_0$

$$T = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S / \sqrt{n}}$$

T-Value = 6,35    Valor p = 0,000    DF = 93

La tabla 16, presenta los valores del estadístico de la prueba t de student, el valor p y los grados de libertad de la prueba, que indican que existe una diferencia significativa a favor del rendimiento mejorado para 2".



**FIGURA 4.21. COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO PARA 2,5"**

**TABLA 17  
PRUEBA T PARA EL RENDIMIENTO EN  
EL TALLER DE RESANEO PARA 2,5"**

**H<sub>0</sub>:** El rendimiento promedio mejorado es *mayor* al rendimiento promedio anterior en 2,5"

**vs.**

**H<sub>1</sub>:** No es verdad H<sub>0</sub>

$$T = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S / \sqrt{n}}$$

T-Value = 6,35    Valor p = 0,000    DF = 93

Los valores correspondientes al estadístico de la prueba t de student, el valor p y los grados de libertad de la prueba, se presentan en la tabla 17 e indican que existe una diferencia significativa a favor del rendimiento mejorado para 2,5”.

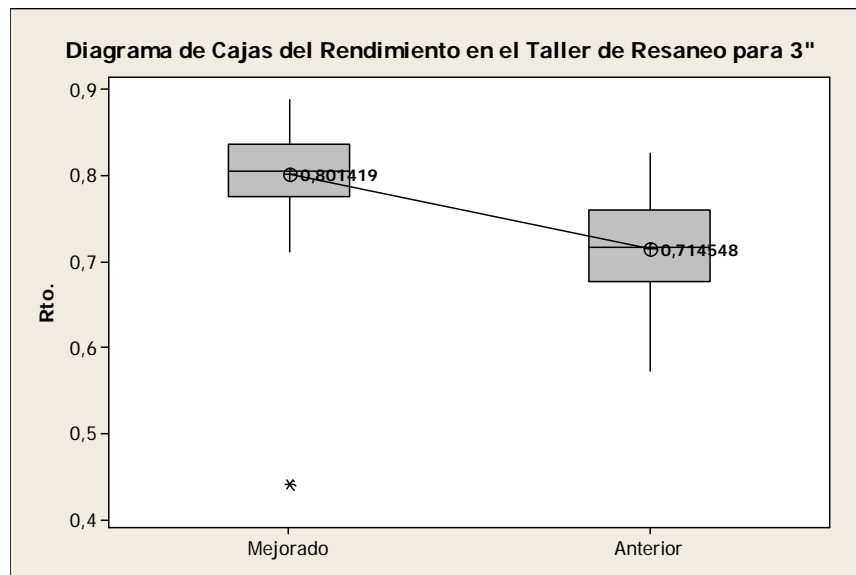


FIGURA 4.22. COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO PARA 3”

TABLA 18  
PRUEBA T PARA EL RENDIMIENTO EN  
EL TALLER DE RESANEO PARA 3”

$H_0$ : El rendimiento promedio mejorado es *mayor* al rendimiento promedio anterior en 3”

vs.

$H_1$ : No es verdad  $H_0$

$$T = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S / \sqrt{n}}$$

T-Value = 7,3    Valor p = 0,000    DF = 126

La tabla 18, muestra los valores del estadístico de la prueba t de student, el valor p y los grados de libertad de la prueba, que indican que existe una diferencia significativa a favor del rendimiento mejorado para 3".

Resumiendo los datos iniciales y los datos del proceso mejorado, obtenemos el siguiente cuadro con los incrementos en el rendimiento:

TABLA 19  
COMPARACIÓN CON NUEVO SISTEMA E INCREMENTO DEL RENDIMIENTO PARA EL TALLER DE RESANEO

| Taller de Resaneo           | Espesores    |              |               |               |               | Promedio Ponderado |
|-----------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|
|                             | 1"           | 1,5"         | 2"            | 2,5"          | 3"            |                    |
| <i>Factor</i>               | 0,0658       | 0,1633       | 0,1866        | 0,1926        | 0,3917        |                    |
| <i>Rendimiento Anterior</i> | 0,6261       | 0,6846       | 0,6398        | 0,6521        | 0,7145        | <b>0,6778</b>      |
| <i>Rendimiento Mejorado</i> | 0,6678       | 0,7291       | 0,7648        | 0,7919        | 0,8031        | <b>0,7728</b>      |
| <b>Incremento</b>           | <b>6,66%</b> | <b>6,50%</b> | <b>19,54%</b> | <b>21,44%</b> | <b>12,40%</b> | <b>14,01%</b>      |

El factor de ponderación utilizado es en base a las compras de madera por los espesores recibidos durante el año.

Realizando los respectivos cálculos, tomando los rendimientos antes y después de la mejorada implementada,

$$(0,7728 \times 100\%) / 0,6778 = 114,01\%$$

Se obtiene un incremento en el rendimiento de la madera del **14,01%**.

Al igual que el rendimiento medido luego de los procesos en el taller de resaneo, a continuación mostramos una comparación del rendimiento por espesor para los paneles de D-100:

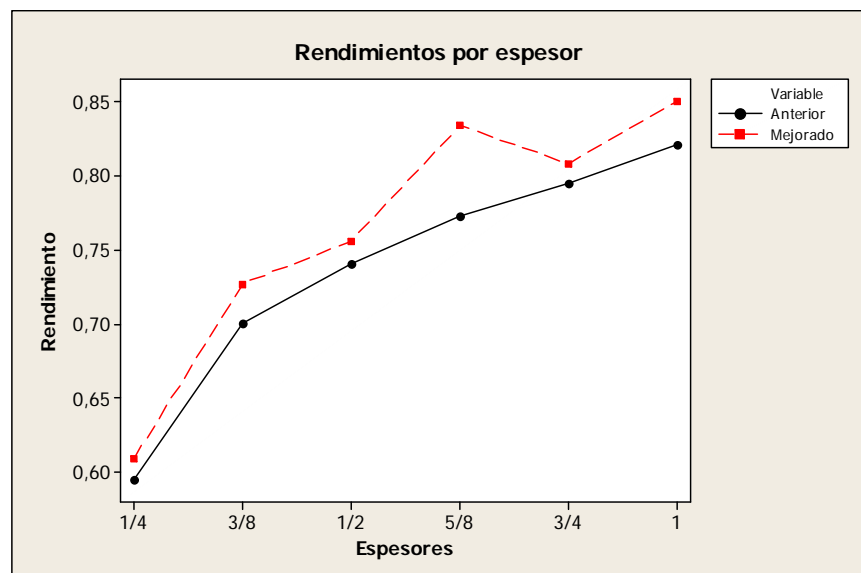


FIGURA 4.23. RENDIMIENTOS POR ESPESOR EN TALLER D-100

TABLA 20  
COMPARACIÓN CON NUEVO SISTEMA E INCREMENTO EN EL TALLER  
DE D-100

| Taller D100                 | Espesores    |              |              |              |              |              | Promedio Ponderado |
|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|
|                             | 1/4"         | 3/8"         | 1/2"         | 5/8"         | 3/4"         | 1"           |                    |
| <i>Factor</i>               | 0,034        | 0,069        | 0,247        | 0,132        | 0,312        | 0,207        | <b>1,000</b>       |
| <i>Rendimiento Anterior</i> | 0,595        | 0,700        | 0,741        | 0,773        | 0,795        | 0,821        | <b>0,771</b>       |
| <i>Rendimiento Mejorado</i> | 0,609        | 0,727        | 0,756        | 0,834        | 0,808        | 0,850        | <b>0,795</b>       |
| <b>Incremento</b>           | <b>2,35%</b> | <b>3,90%</b> | <b>1,98%</b> | <b>7,92%</b> | <b>1,70%</b> | <b>3,56%</b> | <b>3,13%</b>       |

Luego de analizar los rendimientos obtenidos en la fase mejorar y comparándolos con los de la fase medir,

$$(0,795 \times 100\%) / 0,771 = 103,13\%$$

llegamos a obtener un incremento del **3,13%** en el rendimiento de la madera para las tajadas de D-100.

Para concluir, se presenta un cuadro en el cual se puede apreciar el ahorro en costos al procesar la madera en los distintos talleres, al momento de obtener esta mejora en el rendimiento:

TABLA 21  
 AHORRO TOTAL DEL COSTO PARA TALLER DE RESANEO  
 Y D-100

|  | <b>Taller de<br/>Resaneo</b> | <b>Taller<br/>D100</b> |
|--|------------------------------|------------------------|
| Producción estimada en 2006 (MBft.)                | 3.120                        | 13.000                 |
| Incremento del Rendimiento                         | 14%                          | 3%                     |
| <i>Producción Adicional en 2006 (MBft.)</i>        | 437                          | 390                    |
| Costo / MBft.                                      | \$ 798,3                     | \$ 962,9               |
| <i>Beneficio de la mejora (anual)</i>              | \$ 348.680,0                 | \$ 375.538,8           |
| <i>(-) Costo de implementación (anual)</i>         | -\$ 5.000,0                  | -\$ 50.000,0           |
| <b>Ahorro total del costo de la madera (anual)</b> | <b>\$ 343.680,0</b>          | <b>\$ 325.538,8</b>    |
| <b>Beneficio neto de la mejora (anual)</b>         | <b>\$ 669.218,8</b>          |                        |

Este cuadro esta elaborado en base a la producción que se ha proyectado en el taller de resaneo y D-100 para el año 2,006; la cual está realizada para 52 semanas de trabajo.

# **CAPÍTULO 5**

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En este capítulo, se harán las conclusiones y recomendaciones de los puntos más importantes que se puedan obtener del desarrollo de la tesis, haciendo hincapié en los resultados y análisis de aquellos que tuvieron gran relevancia en los resultados.



## 5.1 Conclusiones

- En el taller de resaneo, la madera calificada tenía un alto índice de limpieza, el cual se pudo probar que no era necesario ya que esto no influía en la calidad de los bloques que luego serían cortados en D-100.
- Gran parte de la madera que se calificó con el nuevo sistema, no presentaba grandes diferencias con el sistema de calificación actual, esto nos lleva a concluir, que el gran porcentaje de madera que se perdía, estaba en el momento de cepillar en exceso para que la madera salga totalmente limpia.
- Trabajando la madera en el taller de resaneo, de forma que se aceptan más defectos en esta, nos llevó a un incremento en rendimiento del 14,01%, lo que representó 348,931 USD dólares en ahorro del costo en un año con una inversión para la implementación de 5,000 USD dólares.

- Para el caso de D-100, las tajadas estaban teniendo demasiada sobremedida de corte, lo cual representaba lijar más material para llegar al espesor deseado. Se pudo disminuir esta sobremedida lo cual llevó a un producto de igual calidad aprovechando de mejor manera la madera.
  
- Se pudo notar que un pequeño incremento en el rendimiento de la madera en el taller de D-100, nos llevaría a obtener grandes ahorros de costos de proceso de la madera, ya que el 3,13% nos representó casi 391,814 USD dólares en ahorro del costo anual, con una inversión aproximada de 50,000 USD dólares.
  
- Por último, este sistema está muy atado en lo que se refiere a los criterios de la persona que realiza la calificación, por lo que se requirió más de tres semanas para que los criterios sean unificados y asegurar que la madera estaba siendo trabajada correctamente.

## **5.2 Recomendaciones**

- El sistema requiere de controles muy seguidos al momento de arrancar la implementación, ya que esto conlleva a cambios en la

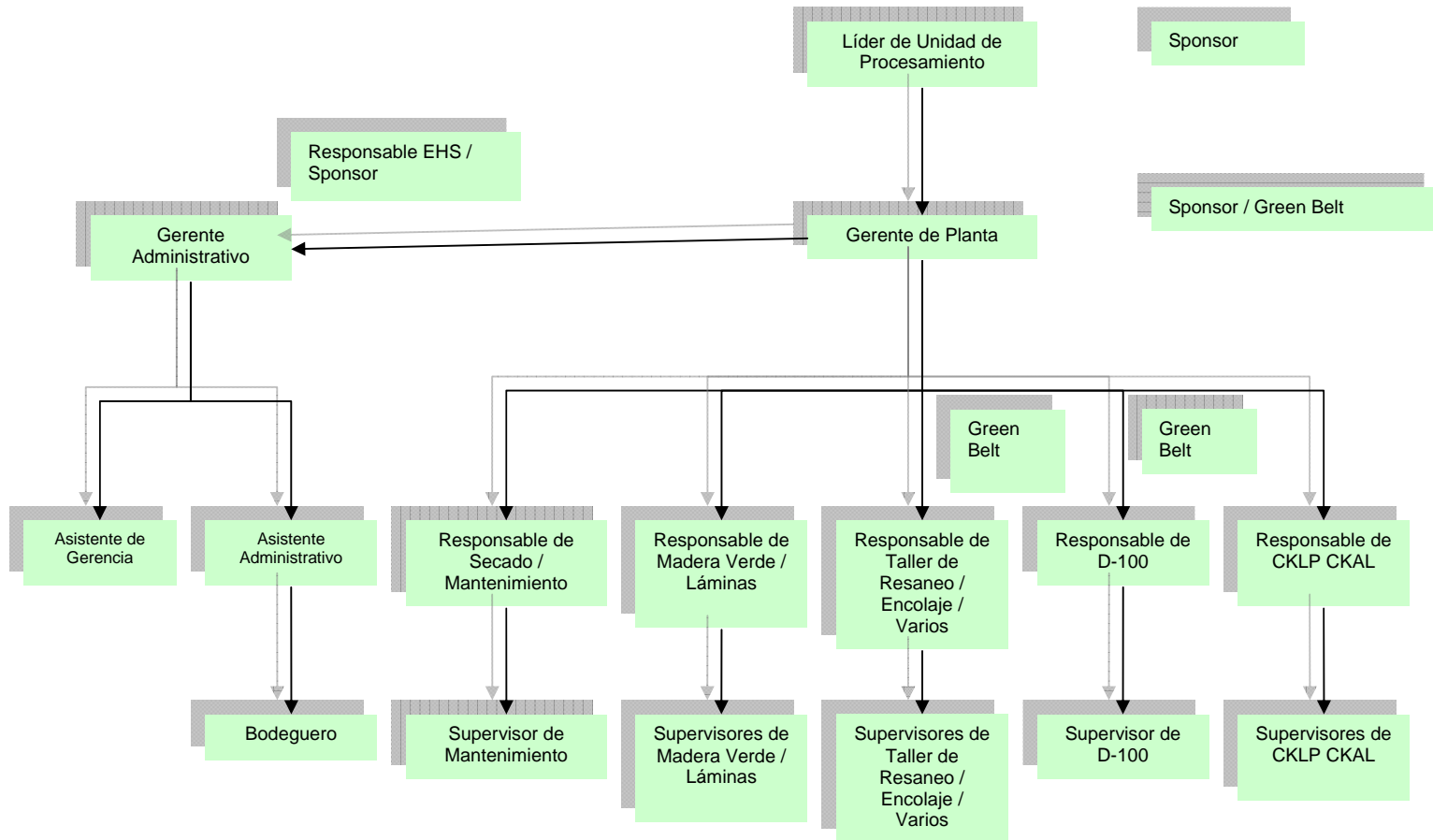
forma de trabajo, en especial en la calificación y armado de bloques.

- Con las reparaciones que se van a obtener en las tajadas de D-100, se recomendaría automatizarla para que la eficiencia en la reparación no decaiga.
  
- Se puede replicar este sistema a las otras plantas de la compañía, ya que se aseguraría grandes ahorros en el costo del proceso en los diferentes talleres.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **IMSS.** (1999), “Taller de Herramientas para la mejora de la Calidad”, Abril del 2000  
[http://www.salud.gob.mx/unidades/dgces/doctosFuente/psactr/psacth/th\\_04.ppt#5](http://www.salud.gob.mx/unidades/dgces/doctosFuente/psactr/psacth/th_04.ppt#5)
2. **IMSS.** (1999), “Taller de Herramientas para la mejora de la Calidad”, Abril del 2000  
[http://www.salud.gob.mx/unidades/dgces/doctosFuente/psactr/psacth/th\\_04.ppt#8](http://www.salud.gob.mx/unidades/dgces/doctosFuente/psactr/psacth/th_04.ppt#8)
3. **SOCIEDAD LATINOAMERICANA PARA LA CALIDAD.** (2000), “Graficación e Interpretación de Pareto”, Diciembre del 2001  
<http://www.calidad.org/s/pareto.pdf>
4. **JHONSON RICHARD A.** (1997), “*Probabilidad y Estadística para Ingenieros de Miller y Freud*”. Prentice – Hall Hispanoamericana S.A. México D.F, México.
5. **IMAI MASAOKI.** (1998), “*Cómo implementar el Kaizen en el sitio de trabajo (GEMBA)*”. McGRAW – GILL INTERAMERICANA S.A. Bogotá – Colombia.
6. **CONTINUOUS IMPROVEMENT ALCAN** (2005), “*Lean Six Sigma Green Belt Work 1 and 2*”. Matamoros, México.

## ANEXO A ORGANIGRAMA DE MASECA



**ANEXO B**  
**TABLA PARA LAS DIFERENTES CALIDADES DE MADERA**

| <b>Tabla B: Calidades para Madera Normal, Balsa 2000 y de Primera</b> |                             | <b>R 1</b>                                   | <b>R 3</b>  | <b>R 2/4</b>  | <b>R 5</b> |
|---|-----------------------------|--|---|---|------------|
| <b>DENSIDAD</b><br>Lbs/pie 3  |                             | 4 a 14                                       | 4 a 14  | 14 y más  | 4 a 7      |
| <b>DEFECTOS</b>   |                             |  |   |   |            |
| <b>Corazón</b>  | <b>Sano</b>                 | No   | No  | No  |            |
|   | <b>En la cara</b>           | No   | No  | No  |            |
| <b>Corcho</b>   | <b>Granulado</b>            | No   | No  | Sí  |            |
|   | <b>Suave</b>                | 1 cara y 1 canto                             | Sí  | Sin límite  |            |
| <b>Nudos</b>  | <b>Hueco</b>                | No   | No  | No  |            |
|   | <b>Sano</b>                 | No   | No  | Máx. 1"   |            |
|   | <b>Sombra</b>               | No   | Ligera : 1 cara ó 1 canto   | Máx. 1.1/2"   |            |
| <b>Nudillos (máximo 1/4 ")</b>  |                             | 2 / pie lineal                               | Sí  | Sin límite  |            |
| <b>Ojos de pájaro</b>   |                             | Sí   | Sí  | Sin límite  |            |
| <b>Polillas</b><br>Ø máx. 1/16 "                                      | <b>Blancas</b>              | 10/pieza (máx 5 / pie lineal)                | 10 / pie lineal   | 30 / pie lineal   |            |
|   | <b>Negras</b>               | No   | 2 / pieza   | 5 / pie lineal  |            |
| <b>Hueco de polilla Ø 3/32" a 1/8"</b>                                |                             | No   | 2 / pieza   | 1 / pie lineal  |            |
| <b>Honey Comb</b>   |                             | 1/32" // al canto                            | 2 de 1/16" // al canto  | 2 de 1/16" incl. 1/8" // al canto                       |            |
| <b>Haz de Honey Comb</b>  |                             | No   | No  | No  |            |
| <b>Rajaduras</b>  | <b>En puntas</b>            | cerrada // al canto                          | 2 de 1/16" // al canto  | 2 de 1/16" incl. 1/8" // al canto                       |            |
|   | <b>En cantos</b>            | No   | No  | 3 de 1/32 "   |            |
|   | <b>En caras</b>             | No   | No  | 3 de 1/32 "   |            |
| <b>Manchas</b>  | <b>Cafés o Decoloración</b> | Superf.: ligera: 1 cara y 1 canto            | Superficial : Sí  | Sí, sin viruela   |            |
|   | <b>Azules</b>               | Superficial :<br>Ligera:<br>1 cara ó 1 canto | Superficial:<br>Ligera : 1 cara y 1 canto<br>Muy ligera : toda la pieza | Mediana : cara ó canto,<br>Ligera :<br>1 cara y 1 canto |            |
|   | <b>Minerales</b>            | Superf.: ligera:<br>1 cara ó 1 canto         | Superficial :<br>ligera : 1 cara y 1 canto                              |   |            |
| <b>Golpes de gancho (Max 1/8")</b>                                    |                             | En cara                                      | En cara y canto   | Sí  |            |
| <b>Falla de grueso (Max 1/8")</b>                                     |                             | Sí   | Sí  | Sí  |            |

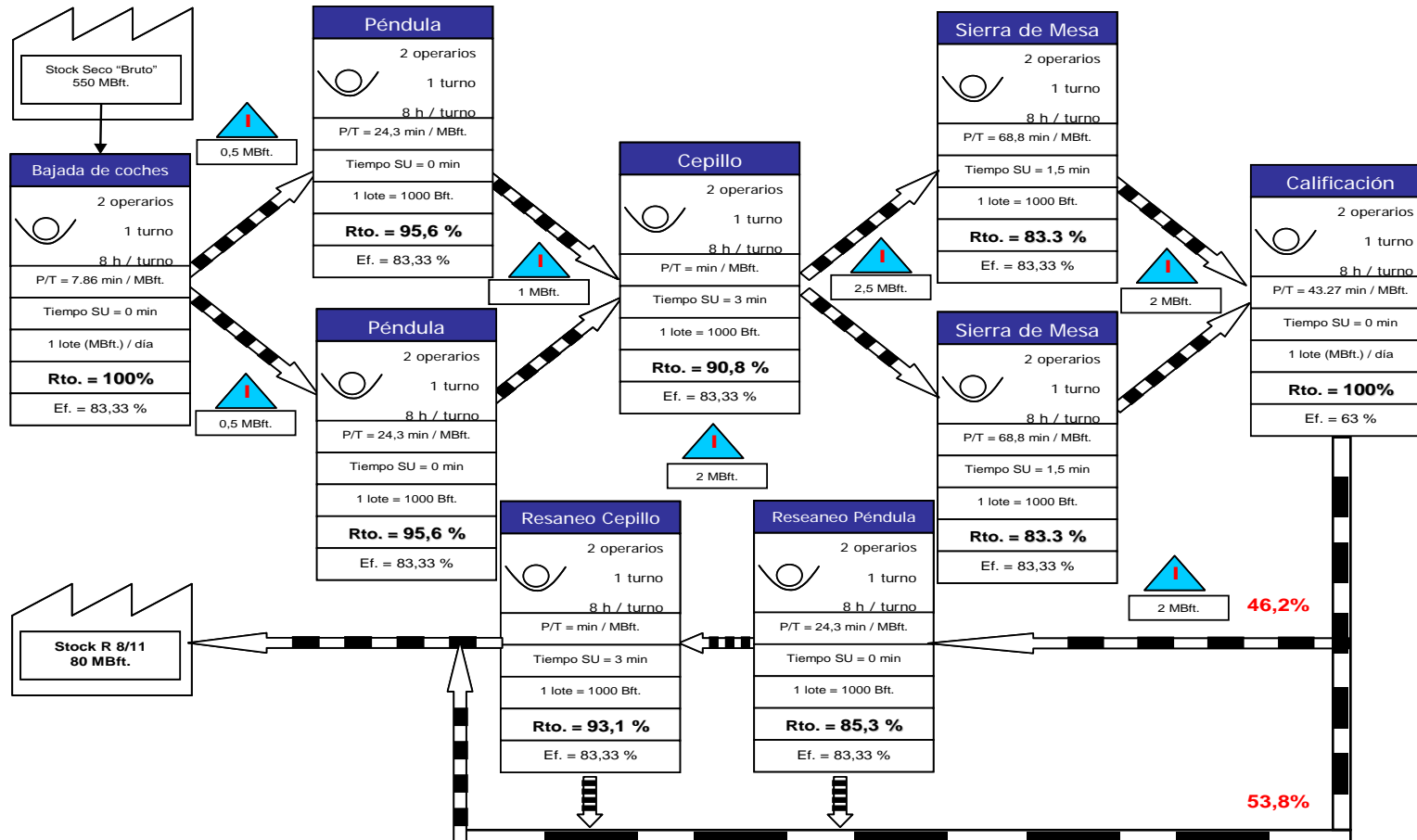
**ANEXO B**  
**TABLA PARA LAS DIFERENTES CALIDADES DE MADERA**

| <b>R 7</b>   | <b>ISOTWO</b>                        | <b>R 8</b>                       | <b>R9</b> | <b>R11</b>                       | <b>Balsa 2000</b>                | <b>R 10</b>                      | <b>R 12</b> | <b>R 13</b> |
|--|--------------------------------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------|-------------|
| 7 a 16   | 4 a 14                               | 7a14                             | 14y+      | 4 a 7                            | 4 y +                            | 6a18                             | 4 a 6       | 4 a 16      |
| No   | No                                   | No                               |           | No                               | No                               | Sí                               | No          | No          |
| No   | No                                   | Máx. 1/8 ”                       |           | No                               | No                               | Sí                               | No          | No          |
| No   | No                                   | Sin límite                       |           | Sin límite                       | Sin límite                       | Sin límite                       | Sí          | Sí          |
| Sí   | Sí                                   | Sin límite                       |           | Sin límite                       | Sin límite                       | Sin límite                       | Sin límite  | Sin límite  |
| No   | No                                   | No                               |           | No                               | No                               | No                               | No          | No          |
| Máx. 1”  | Máx. 1.1/2 ”                         | Máx. 2 ”                         |           | Máx. 2 ”                         | Máx. 2 ”                         | Máx. 2 ”                         | Máx. 2 ”    | Máx. 2”     |
| Máx. 1.1/2 ”   | Máx. 2 ”                             | Máx. 3 ”                         |           | Máx. 2 ”                         | Máx. 2 ”                         | Máx. 3 ”                         | Máx. 3 ”    | Máx. 3 ”    |
| Sin límite   | Sin límite                           | Sin límite                       |           | Sin límite                       | Sin límite                       | Sin límite                       | Sin límite  | Sin límite  |
| Sin límite   | Sin límite                           | Sin límite                       |           | Sin límite                       | Sin límite                       | Sin límite                       | Sin límite  | Sin límite  |
| 30 / pie lineal  | 30 / pie lineal                      | Sin límite                       |           | Sin límite                       | Sin límite                       | Sin límite                       | Sin límite  | Sin límite  |
| 5 / pie lineal   | 30 / pie lineal                      | Sin límite                       |           | Sin límite                       | Sin límite                       | Sin límite                       | Sin límite  | Sin límite  |
| 1 / pie lineal   | 1 / pie lineal                       | Sí                               |           | 1/Pie lineal                     | Sí                               | Sí                               | Sí          | Sí          |
| 2 de 1/16 ”<br>1/8” // al canto                            | 2 de 1/16” ó<br>Sí, cerrado          | Máx. 1/8”, 50%<br>grueso o ancho |           | Máx. 1/8”, 50%<br>grueso o ancho | Máx. 1/8”, 50%<br>grueso o ancho | Máx. 1/8”, 50%<br>grueso o ancho | Máx. 1/16”  | Máx. 1/16”  |
| No   | Máx. 1/32 ”                          | Máx. 1/16 ”                      |           | Máx. 1/16”                       | Máx. 1/8 ”                       | Máx. 1/32 ”                      | Máx. 1/32 ” | Máx. 1/32 ” |
| 2 de 1/16” incl.<br>1/8” // al canto                       | 2 de 1/16” incl.<br>1/8” // al canto | Máx. 1/8 ”                       |           | Máx. 1/8”                        | Máx. 1/8”, 50%<br>grueso o ancho | Máx. 1/16”                       | Máx. 1/16”  | Máx. 1/16”  |
| 3 de 1/32 ”  | 4 de 1/32 ”                          | Máx. 1/8 ”                       |           | Máx, 1/8”                        | Máx. 1/8 ”                       | Máx. 1/16”                       | Máx. 1/16”  | Máx. 1/16”  |
| 3 de 1/32 ”  | 4 de 1/32 ”                          | Máx. 1/8 ”                       |           | Máx. 1/8”                        | Máx. 1/8 ”                       | Máx. 1/16”                       | Máx. 1/16”  | Máx. 1/16”  |
| Sí, sin viruela  | Sin límite                           | Sin límite                       |           | Sin límite                       | Sin límite                       | Sin límite                       | Sin límite  | Sin límite  |
| Mediana : cara<br>ó canto,<br>Ligera :<br>1 cara y 1 canto | Sin límite                           | Sin límite                       |           | Sin límite                       | Sin límite                       | Sin límite                       | Sin límite  | Sin límite  |
|  | Sin límite                           | Sin límite                       |           | Sin límite                       | Sin límite                       | Sin límite                       | Sin límite  | Mediana     |
| Sí   | Sí                                   | Sí                               |           | No                               | Sí                               | Sí                               | Sí          | Sí          |
| Sí   | Sí                                   | Sí                               |           | No                               | Sí                               | Sí                               | Sí          | Sí          |





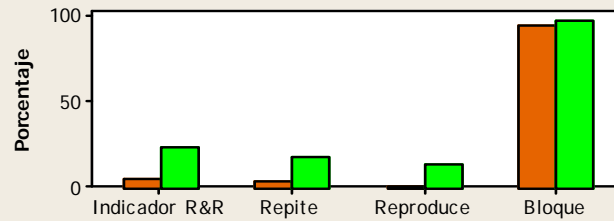
## ANEXO D MAPA DE FLUJO DE VALOR DEL TALLER DE RESANEO



## ANEXO E GRÁFICOS DE CONTROL PARA EL SISTEMA DE MEDICIÓN VALIDADO (ENCOLAJE)

### Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad

Componentes de Variación



Dimensiones (") por bloque

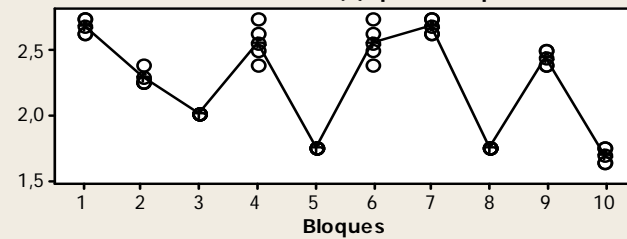
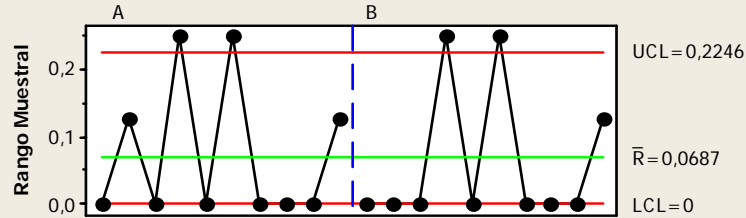


Gráfico R por Operador



Dimensiones (") por Operador

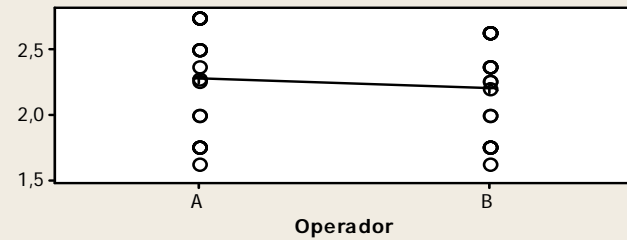
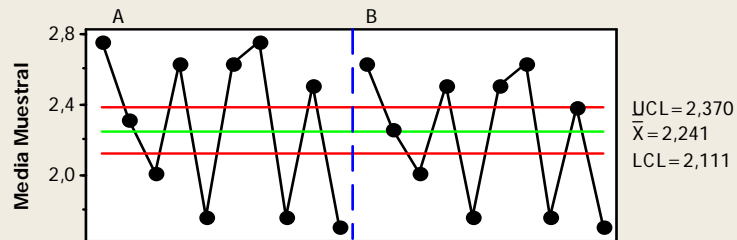
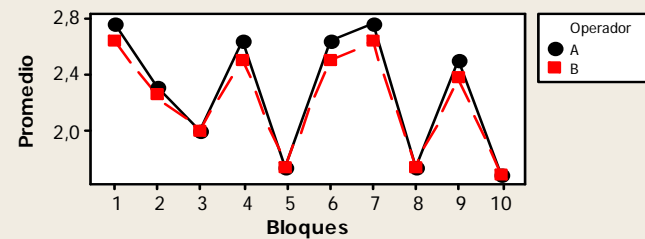


Gráfico X barra por Operador

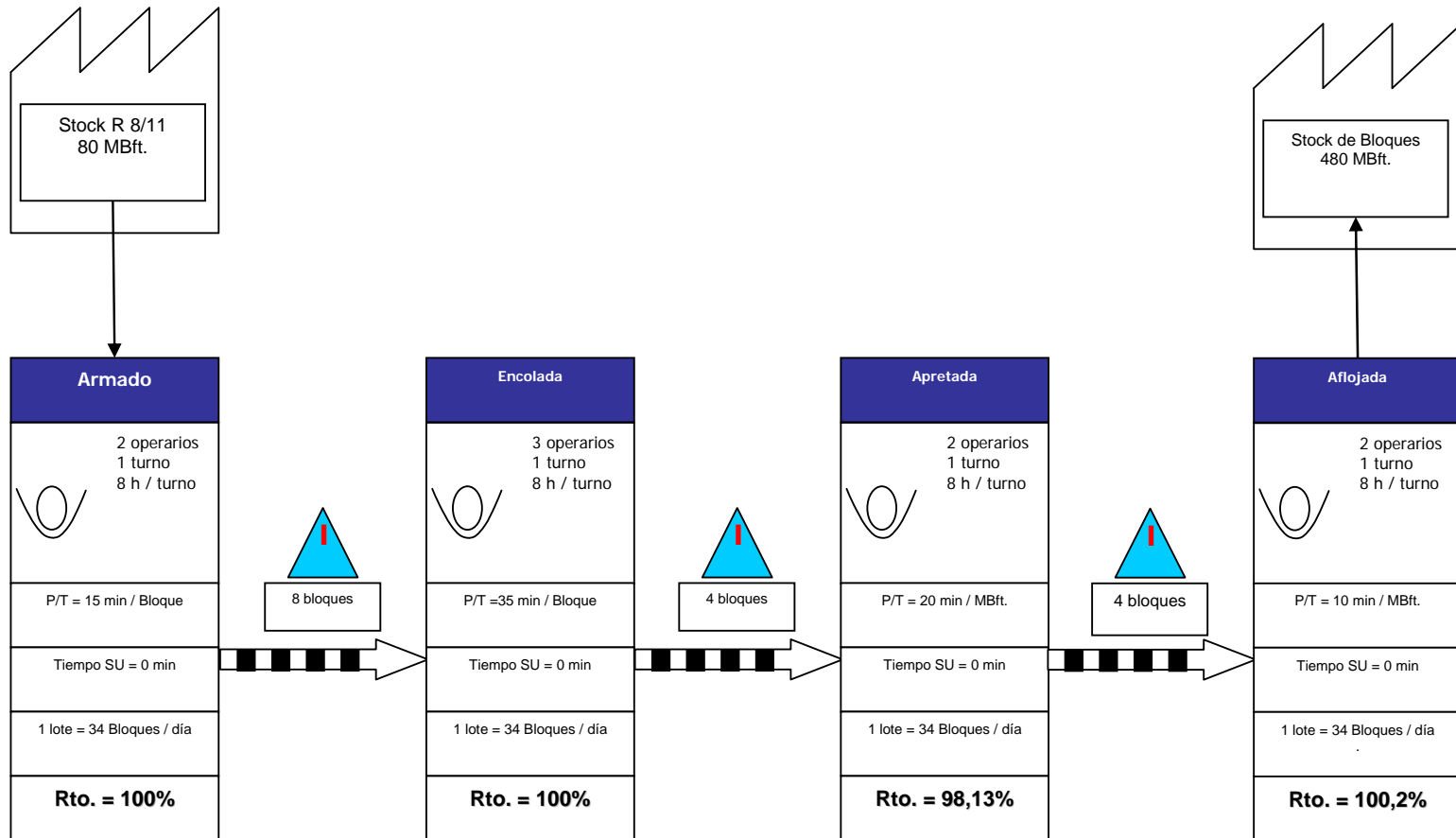


Operador \* Interacción de bloques

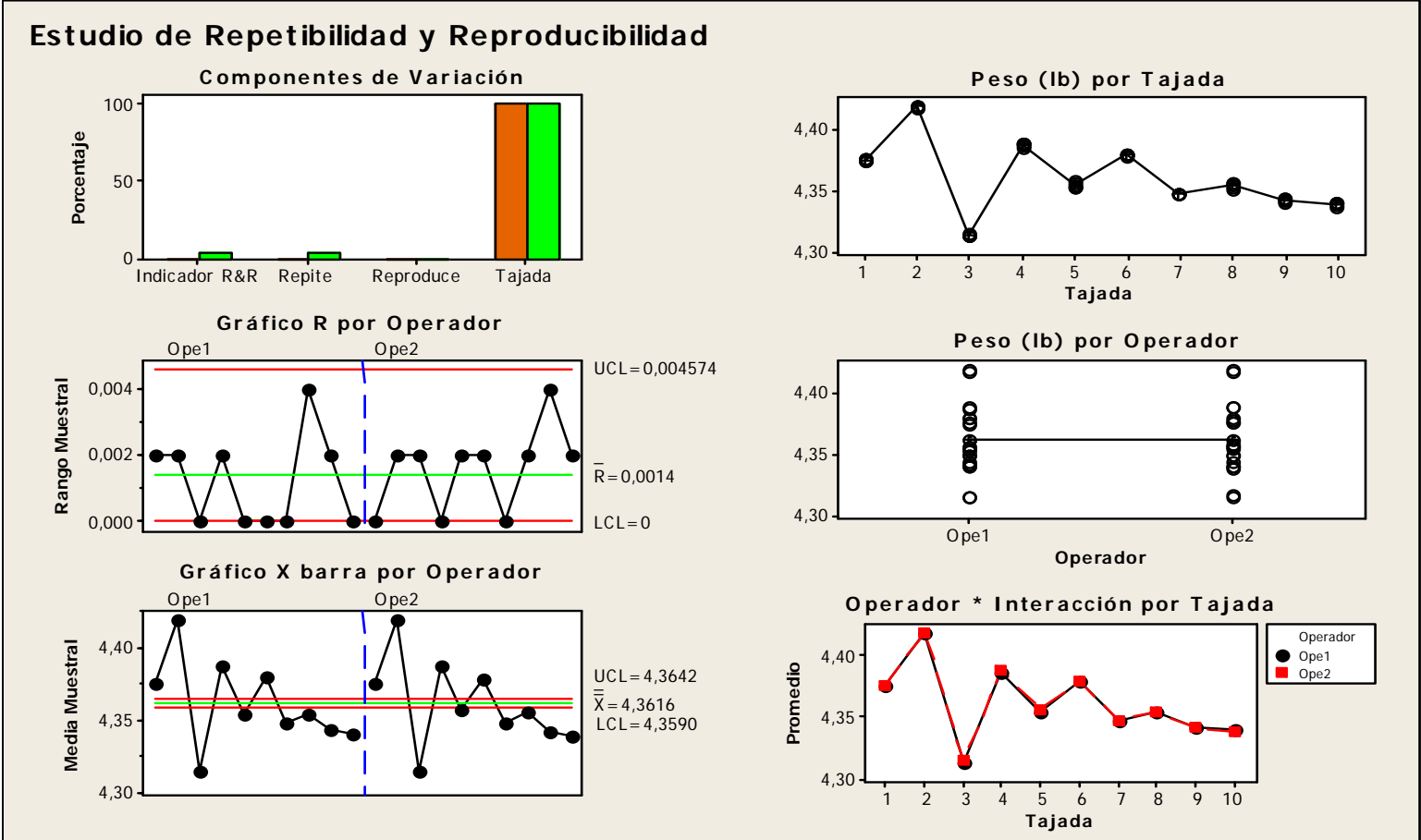




## ANEXO F MAPA DE FLUJO DE VALOR DEL TALLER DE ENCOLAJE



**ANEXO G**  
**GRÁFICOS DE CONTROL PARA EL SISTEMA DE MEDICIÓN VALIDADO (D-100)**





## ANEXO H MAPA DE FLUJO DE VALOR DEL TALLER DE D-100

