

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

Diseño de un Plan de Mejoras en una Industria de Plástico
Aplicando Técnicas de Manufactura Esbelta

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Presentada por:

Danny Fabian Bravo Indacochea

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2008

A G R A D E C I M I E N T O

A Dios por darme el milagro en la vida, y el espíritu de superación...

A mis padres por el esfuerzo diario y el consejo, que impulsaron a mi espíritu a conseguir este título.

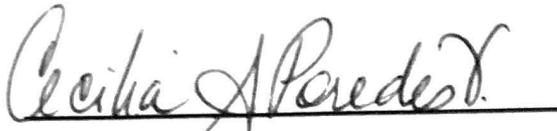
A mi director de tesis, Ing. Jorge Abad por su ayuda y asesoramiento en el proyecto.

Y a todos los amigos quienes me brindaron su ayuda incondicional para hacer posible la realización de esta tesis.

DEDICATORIA

A MIS PADRES Y HERMANAS

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Dra. Cecilia Paredes V.
SUBDECANA DE LA FIMCP
PRESIDENTA



Ing. Jorge Abad M.
DIRECTOR 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 Bravo Indacochea

RESUMEN

El estudio de la presente tesis se realizó en una empresa de conversión de plásticos que posee elevados índices de desperdicios en sus distintas etapas de producción, que le representan pérdidas significativas en tiempo productivo y dinero. El objetivo de la tesis es analizar las fuentes de desperdicios de la empresa y proponer mecanismos que logren su reducción mediante la aplicación de las técnicas de Manufactura Esbelta.

Se realizó un diagnóstico de las 5 líneas de productos y se seleccionó la línea que representa mayores ingresos y desperdicios a la empresa. Se analizó los principales indicadores de producción en los procesos productivos de la línea de productos seleccionada y se escogió al que presenta mayores deficiencias.

Posteriormente se propuso proyectos de mejoras y mediante una matriz de priorización se analiza el impacto versus la factibilidad de las propuestas, se seleccionó aquellas que son más factibles y de alto impacto en la mejora.

Se obtiene como resultado de la presente tesis un plan de mejoras que permite:

- 1.- Reducir los niveles de desperdicios en el proceso crítico seleccionado.

- 2.- Reducir la distancia recorrida por los materiales dentro de la planta.
- 3.- Reducir los tiempos de procesamiento y cambios de productos.
- 4.- Disminuir los costos del desperdicio y tiempo improductivo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICES DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICES DE PLANOS.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES	
1.1 Antecedentes de la tesis.....	2
1.2 Objetivos de la tesis.....	3
1.3 Metodología a ser utilizada en la tesis.....	3
1.4 Estructura de la tesis.....	6
CAPÍTULO 2	
2. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE MANUFACTURA ESBELTA	
2.1 ¿Qué es Manufactura Esbelta?.....	8

2.2 Desperdicio y fuentes de desperdicios.....	9
2.3 Valor Agregado.....	14
2.4 Técnicas de Manufactura Esbelta.....	15
2.5 Diagrama de Pareto.....	22
2.6 Diagrama de Ishikawa.....	24
2.7 Cálculo de la eficiencia.....	25
2.8 Selección de Proyectos de Mejora.....	26

CAPÍTULO 3

3. SELECCIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCTOS

3.1 Descripción de las líneas de productos.....	29
3.2 Descripción de los materiales utilizados.....	32
3.3 Análisis de las líneas de productos.....	35
3.4 Selección de la línea de productos.....	43

CAPÍTULO 4

4. SELECCIÓN DEL PROCESO CRÍTICO A MEJORAR

4.1 Descripción del proceso productivo para fabricar etiquetas termoencogibles.....	50
4.2 Análisis del proceso productivo.....	52
4.3 Selección del proceso crítico.....	66

CAPÍTULO 5

5. PLAN DE MEJORAS

5.1 Identificación de opciones de mejoras.....	71
5.2. Planteamiento de Opciones de Mejoras.....	76
5.3 Selección de opciones de mejoras.....	78
5.4 Plan de mejoras.....	87
5.5 Análisis Costo Beneficio.....	87

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	98
--	----

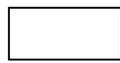
APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

°C	Grados Celsius
g/m ² /día	Gramo por metro cuadrado por día
h	Horas
Kg	Kilogramos
Kg/h	Kilogramos por hora
m	Metros
min	Minutos
m/min	Metros por minutos
N/mm ²	Newton por milímetro cuadrado
Psi	Libra por pulgada cuadrada (pounds per square inch)
PP	Polipropileno
PVC	Cloruro de Polivinilo
Tn	Tonelada
TPM	Mantenimiento Productivo Total
SMED	Single minute exchange of die
USD	United States Dollar

SIMBOLOGÍA



Proceso



Conector



Decisión



Terminador

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1	Metodología a ser utilizada..... 5
Figura 2.1	Diagrama de Pareto..... 23
Figura 2.2	Diagrama de Ishikawa..... 25
Figura 2.3	Matriz de Priorización..... 27
Figura 3.1	Nivel de producción..... 36
Figura 3.2	Porcentaje de producción de cada producto..... 37
Figura 3.3	Ingresos generados por producto..... 38
Figura 3.4	Porcentaje de ingresos por línea de productos..... 38
Figura 3.5	Nivel de desperdicios en el periodo..... 40
Figura 3.6	Desperdicios en relación al nivel de producción..... 40
Figura 3.7	Costo del desperdicio por línea de productos..... 42
Figura 3.8	Porcentaje de desperdicio por productos..... 42
Figura 4.1	Volumen de producción por procesos..... 53
Figura 4.2	Capacidad de producción por procesos..... 54
Figura 4.3	Porcentaje de capacidad por procesos..... 56
Figura 4.4	Componentes de la eficiencia (ETE)..... 57
Figura 4.5	Eficiencia por procesos..... 58
Figura 4.6	Nivel de desperdicios por proceso..... 59
Figura 4.7	Relación del desperdicio vs. Producción..... 60
Figura 4.8	Costo del desperdicio por procesos..... 61
Figura 4.9	Porcentaje del costo del desperdicio..... 62
Figura 4.10	Costo del tiempo improductivo..... 63
Figura 4.11	Costo total del desperdicio..... 65
Figura 4.12	Porcentaje del costo del desperdicio..... 65
Figura 5.1	Priorización de problemas en impresión..... 73
Figura 5.2	Análisis de causas de Ajuste de Color..... 74
Figura 5.3	Análisis de causas de Problemas en Fotopolímeros..... 74
Figura 5.4	Análisis de causas de Betas..... 75
Figura 5.5	Análisis de causas de Ganancia de Puntos..... 75
Figura 5.6	Matriz de Priorización..... 80

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Fuentes de desperdicio.....	10
Tabla 2	Resumen de indicadores de producción.....	44
Tabla 3	Línea de productos por indicador.....	44
Tabla 4	Ponderación de indicadores de producción.....	45
Tabla 5	Calificación de etiquetas de PVC.....	46
Tabla 6	Calificación de etiquetas de PP.....	46
Tabla 7	Calificación de etiquetas de Bandas de Seguridad.....	47
Tabla 8	Calificación de etiquetas de Soluciones de Empaque.....	47
Tabla 9	Calificación de Empaques.....	48
Tabla 10	Línea de productos ordenados por calificación.....	48
Tabla 11	Resumen de indicadores de producción.....	67
Tabla 12	Procesos productivos por indicador.....	67
Tabla 13	Ponderación de indicadores de producción.....	68
Tabla 14	Calificación de etiquetas de Refilado.....	68
Tabla 15	Calificación de etiquetas de Impresión.....	69
Tabla 16	Calificación de etiquetas de Pegado.....	69
Tabla 17	Calificación de etiquetas de Corte.....	69
Tabla 18	Procesos ordenados por calificación.....	70
Tabla 19	Frecuencia de problemas en impresión.....	72
Tabla 20	Distancias recorridas por el producto.....	76
Tabla 21	Técnicas de manufactura esbelta para problemas planteados.....	77
Tabla 22	Factores de análisis en impacto a la mejora.....	78
Tabla 23	Factores de análisis en la factibilidad.....	79
Tabla 24	Impacto en la mejora del trabajo en equipo.....	79
Tabla 25	Factibilidad del trabajo en equipo.....	80
Tabla 26	Impacto en la mejora de SMED.....	80
Tabla 27	Factibilidad de SMED.....	81
Tabla 28	Impacto en la mejora de 5S.....	81
Tabla 29	Factibilidad de 5 S.....	82
Tabla 30	Impacto en la mejora de verificación del proceso.....	82
Tabla 31	Factibilidad de verificación del proceso.....	83
Tabla 32	Impacto en la mejora de TPM.....	83

Tabla 33	Factibilidad de TPM.....	84
Tabla 34	Impacto en la mejora de distribución de planta.....	84
Tabla 35	Factibilidad de distribución de planta.....	85
Tabla 36	Resumen de métodos analizados.....	85
Tabla 37	Participantes en el proyecto.....	88
Tabla 38	Tiempo de capacitación.....	89
Tabla 39	Costo de equipos de verificación.....	92
Tabla 40	Costos de distribución de planta.....	93
Tabla 41	Cálculo del beneficio de aplicación de SMED.....	94
Tabla 42	Cálculo del beneficio de aplicación de distribución de planta	96
Tabla 43	Análisis costo beneficio.....	97

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1 Flujo Actual de Materiales

INTRODUCCIÓN

El nivel de desperdicios que presenta una empresa de conversión de plásticos dentro de su proceso productivo le genera grandes pérdidas que la vuelven ineficiente, por lo cual surge la necesidad de diseñar un plan de mejoras que logre su reducción.

El diseño del plan de mejoras se basa en la implementación de técnicas de Manufactura Esbelta que permiten crear un sistema eficiente, reduciendo el tiempo entre la colocación del pedido y la entrega del producto, a través de la eliminación del desperdicio.

El presente trabajo se limita al diseño del plan, lo cual incluye presentar las acciones a seguir, los recursos necesarios, beneficios esperados y un programa del tiempo de ejecución del proyecto.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes de la Tesis

La presente tesis se desarrolla en una empresa de la industria de conversión de plásticos que presenta elevados niveles de desperdicios dentro del proceso productivo.

Para medir el impacto y los efectos del problema se va a establecer formatos para registrar el volumen de producción en cada proceso, los niveles de desperdicios y el tiempo de producción.

Adicionalmente, se va a realizar un estudio de tiempo que permita a la empresa determinar el tiempo estándar de producción de un pedido.

El estudio a ser realizado en esta tesis pretende analizar las fuentes de desperdicios basados en la filosofía de Manufactura Esbelta y presentar un plan de mejoras que permita su reducción.

1.2. Objetivos de la Tesis

Objetivo General

Analizar las fuentes y causas de desperdicios en el proceso productivo de la empresa y diseñar un plan de mejoras que logren su reducción mediante la aplicación de las técnicas de Manufactura Esbelta.

Objetivos Específicos:

- Disminuir del nivel de desperdicios en el proceso productivo.
- Reducir del tiempo de cambio de productos en procesos cuello de botella.
- Aumentar la productividad y eficiencia del proceso crítico.
- Rediseño del flujo de materiales para eliminar tiempos improductivos.

1.3. Metodología a ser Utilizada en la Tesis

En la figura 1.1 se detalla la metodología seguida en el presente estudio. Se ha dividido el proceso en cuatro etapas:

Etapa 1: Determinación de los objetivos.-

En esta etapa se plantearán los objetivos generales y específicos que se pretenden alcanzar en esta tesis.

Etapa 2: Estudio y selección del proceso crítico.-

Mediante el levantamiento de información y análisis de los datos obtenidos, se seleccionará el proceso crítico de producción para su análisis.

Etapa 3: Identificación de oportunidades de mejoras

En esta etapa se identificarán los principales problemas del proceso crítico seleccionado y se plantearán propuestas para su eliminación.

Etapa 4: Plan de mejoras

Se evaluarán las propuestas planteadas y se elaborará un plan de mejoras que permita su implementación.

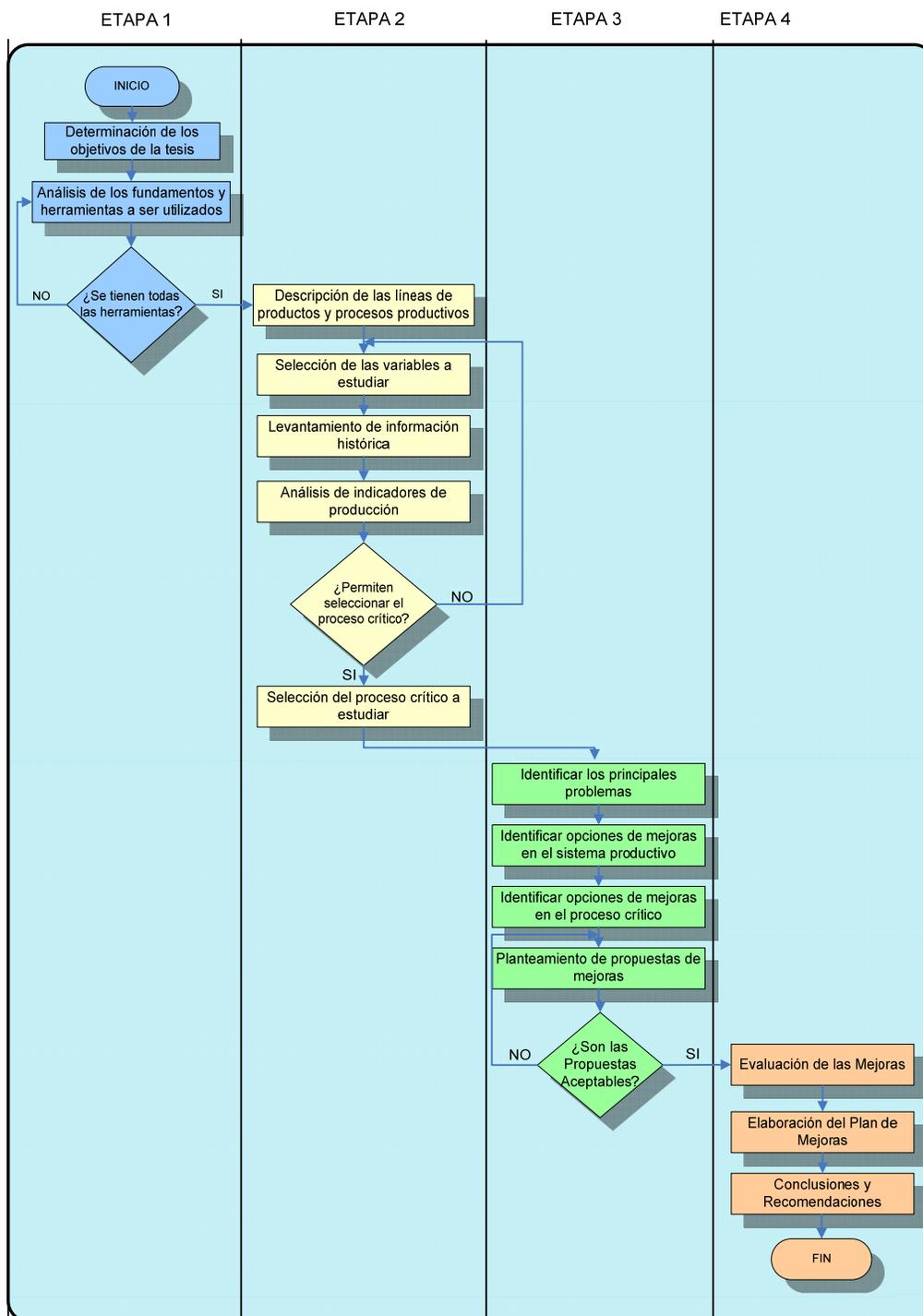


FIGURA 1.1. METODOLOGÍA A SER UTILIZADA EN LA TESIS

1.4. Estructura de la Tesis

Capítulo 2: Conceptos básicos sobre Manufactura Esbelta

Se describen los fundamentos, técnicas y herramientas a ser utilizadas para el mejoramiento del desempeño de la compañía.

Capítulo 3: Selección de la línea de Productos

Se va a analizar las líneas de productos que tiene la empresa y los materiales con los que se producen. Se va a seleccionar la línea que represente el mayor volumen de producción, ingresos y desperdicios.

Capítulo 4: Selección del proceso crítico a mejorar

En este capítulo se va a realizar una descripción del proceso productivo de la compañía y se realiza la selección del proceso crítico mediante el análisis de indicadores como niveles de producción, desperdicios, eficiencias, etc.

Capítulo 5: Diseño del plan de mejoras

Se realiza un análisis de los puntos deficientes del flujo productivo de la empresa y del proceso crítico seleccionado, se proponen mejoras al proceso mediante la aplicación de las técnicas de Manufactura Esbelta

y se selecciona las propuestas de mejora más factibles y con mayor impacto en el desempeño de la empresa.

Se diseña un plan de mejoras y se realiza un análisis Costo Beneficio de las propuestas con el propósito de seleccionar las mejores.

Capítulo 6: Conclusiones y Recomendaciones

En este capítulo final, se detallan las principales conclusiones del estudio y las recomendaciones para una implementación exitosa del plan de mejora.

CAPÍTULO 2

2. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE MANUFACTURA ESBELTA

2.1. ¿Qué es Manufactura Esbelta?

Manufactura Esbelta o Lean Manufacturing es esencialmente una filosofía que se enfoca en el valor agregado para el cliente, la identificación y eliminación sistemática del desperdicio y la mejora continua en ambientes de fabricación u operación para aumentar la productividad.

Es un conjunto de principios, conceptos y técnicas que permiten crear un eficiente sistema a fin de reducir el tiempo entre la colocación del pedido y la entrega del producto o servicio, a través de la eliminación

del desperdicio, permitiendo el flujo continuo del producto o servicio.
(Paredes, Francisco. 2005).

2.2. Desperdicio y Fuentes de Desperdicio.-

Desperdicio es cualquier actividad humana que absorba recursos pero no cree valor. (Womack y Jones. 1996).

Fuentes de desperdicios

Las siete categorías clásicas del desperdicio surgen de la clasificación desarrollada por Taiichi Ohno (1988) y comprende:

TABLA 1

FUENTES DEL DESPERDICIO

Sobreproducción	Producir cualquier cosa que no sea para usar o vender inmediatamente Es el peor tipo de desperdicio, debido a que ayuda a generar los demás desperdicios.
Esperas	Tiempo ocioso generado al esperar personal, materiales, mediciones, información entre operaciones o durante una operación.
Transporte	Trasladar materiales por distancias mayores a lo estrictamente necesario (normalmente por error de layout) o por crecimiento no planificado de la empresa.
Exceso de Inventario	Stock excesivo de materia prima, material en proceso o producto acabado.
Defectos	Producir material defectuoso, lo que a su vez genera: <ul style="list-style-type: none"> ○ Inspección ○ Retrabajo ○ Rechazos ○ Pérdida de productividad
Exceso de movimientos	Cualquier movimiento más allá de lo necesario para realizar una operación que agregue valor.
Sobreprocesamiento	Realizar más operaciones que las necesarias para el producto (normalmente por error del proyecto del equipo o proceso).

Once grandes pérdidas en plantas de proceso

Las plantas de producción presentan once grandes pérdidas en sus procesos productivos (Lefcovich, Mauricio. 2004), los cuales son:

- **Pérdidas por paradas:** Es el tiempo perdido al detener la producción para un mantenimiento anual planeado o un servicio periódico. En estas paradas los especialistas de mantenimiento realizan las inspecciones periódicas requeridas por ley o por política interna y tratan de revertir el deterioro mientras la planta está parada. Estos trabajos son esenciales para mantener el rendimiento de la planta y asegurar su integridad y seguridad.
- **Pérdidas por ajuste de producción:** Es el tiempo perdido cuando los cambios en requerimientos de oferta y demanda, obligan a ajustes en los planes de producción.
- **Pérdidas por fallas de equipo:** Es el tiempo perdido cuando la planta se detiene porque el equipo pierde repentinamente sus funciones específicas. Se distinguen dos tipos de pérdidas relativas a equipos. Una es la pérdida total de función, la cual corresponde a un paro por rotura, y la otra es la reducción de función, la cual corresponde a la pérdida de rendimiento por defectos físicos mientras opera la planta.
- **Pérdidas por fallas de proceso.** Es el tiempo perdido cuando la planta se detiene por factores externos al equipo, como errores operativos o

cambios en las propiedades físicas o químicas de las sustancias procesadas. Estas fallas de proceso sólo pueden reducirse si se eliminan sus fuentes.

- Pérdidas normales de producción. Estas ocurren durante el arranque de planta, paro de planta o cambio de producto.
- Pérdidas anormales de producción o de rendimiento. Tienen lugar cuando la planta opera por debajo de su capacidad, como resultado del mal funcionamiento o por condiciones anormales que reducen su rendimiento.
- Pérdidas por defectos de calidad. Estas incluyen el tiempo perdido en producir productos rechazados, pérdidas físicas en material y pérdidas financieras por reducción de precio del producto.
- Pérdida por reproceso. Son pérdidas por reciclaje, que ocurren cuando el material rechazado, debe ser devuelto a un proceso previo para corregirlo. No sólo deben observarse las condiciones del producto final, sino analizar las pérdidas en los procesos intermedios, lo cual origina una reducción en la tasa de producción y pérdida de energía por reciclaje.
- Pérdida de materiales.- Maquinarias con fugas de materiales
- Pérdidas de energía.- Maquinaria con fugas de fuentes de energía
- Pérdidas relacionadas con el aprovechamiento de la mano de obra: Se incluyen en este punto:

- Pérdidas de mano de obra en tareas correctivas. Estas incluyen la mano de obra utilizada en plantas donde el deterioro de las instalaciones y su pobre condición de operación, producen anomalías y roturas que requieren trabajo extra, como inspección y análisis de la falla y el reacondicionamiento del equipo.
- Pérdidas vinculadas a tareas de limpieza. Provocada por las fuentes de contaminación o de suciedad.
- Pérdidas por falta de automatización. Se mide la pérdida como la diferencia entre la cantidad de tiempo necesario para generar una producción utilizando mano de obra y la que corresponde al mismo nivel de producción haciendo uso de sistemas automáticos.
- Pérdidas relacionadas con la Gestión o Gerenciamiento. Estas pérdidas tienen lugar cuando los sistemas de gestión son incorrectos o su aplicación es incorrecta, generando fallas en la planificación con cambios frecuentes de producto y pérdidas en el proceso de distribución, por transporte y manipuleo.
- Pérdidas de distribución. La mano de obra necesaria para el movimiento y almacenaje de materias primas y productos, depende del layout de la planta y de la complejidad del

proceso. El exceso de stock también aumenta las pérdidas de distribución.

- Pérdidas generadas en tareas de inspección y análisis. Generado por actividades que de mejorarse los sistemas preventivos y de planificación se verían como innecesarios o se limitarían a labores de control por muestreo.

2.3. Valor Agregado

Primero se debe definir que es un proceso: “Proceso es una serie de actividades de valor agregado que se vinculan entre sí para transformar un insumo en un producto (mercadería o servicio)” (Chang, 1995).

Para el cliente, las actividades que agregan valor al producto son aquellas por las que está dispuesto a pagar; se identifican porque generalmente son las operaciones que lo transforman en su forma física o integran el servicio, por ejemplo, las operaciones necesarias para modificar materias primas y materiales en un juguete (Wish, Mary. 2001).

La teoría de valor agregado clasifica las actividades en:

1. Actividades que agregan valor;
2. Actividades que no agregan valor:

1. Necesarias;
2. Innecesarias.

De esta forma, el mejoramiento se debe enfocar en aquellas actividades que agregan valor o en aquellas actividades que no agregan valor pero que son necesarias para el proceso. Si se mejoran las actividades innecesarias, se “está perdiendo el tiempo”, porque el objetivo es eliminarlas.

En conclusión, el concepto de valor agregado establece que debe distinguirse las actividades que agregan valor de las que no lo hacen. De estas últimas, encontrar aquellas que resultan innecesarias y eliminarlas.

Las actividades resultantes, aquellas que agregan valor y aquellas que no lo hacen pero que son necesarias, se convierten en el centro de atención para mejoramiento (*Factores Críticos de Éxito – CSF (Critical Success Factors)*).

2.4 .Técnicas de Manufactura Esbelta

Las técnicas de Manufactura Esbelta que van a ser utilizadas, se describen a continuación de acuerdo a lo indicado por Paredes Francisco (2005).

5S.- Este método hace referencia a mantener un orden y limpieza permanente en la planta de manufactura y oficinas para reducir desperdicios en espacios y tiempos de búsqueda. Las 5S se denominan así por considerar 5 aspectos cuyo significado en japonés inicia con S (Hurano, Hiroyuki. 1996):

Seiri.- Organización

Seiton.- Orden

Seiso.- Limpieza

Seiketsu.- Estandarización

Shitsuke.- Disciplina y entrenamiento

La metodología de las 5 S inicia con la organización, es decir, retirando todo lo que no se usa en las áreas de trabajo, identificando con una tarjeta roja lo que está dudoso y colocándolo en un área específica para revisión posterior; el orden implica tener un lugar bien especificado para cada cosa, para lo cual pueden usarse siluetas, cuadros, colores, etc. La limpieza significa tener pulcras las áreas de trabajo, por lo que se deben proporcionar los accesorios adecuados para ello. La estandarización implica desarrollar procedimientos para asegurar el mantenimiento del orden y la limpieza, mientras que la disciplina se refiere a crear su hábito, más que por procedimiento por costumbre. (Osada, Takashi. 1991).

Se puede definir como un estado ideal en el que:

- Los materiales y útiles innecesarios se han eliminado,
- Todo se encuentra ordenado e identificado,
- Se han eliminado las fuentes de suciedad,
- Existe un control visual mediante el cual saltan a la vista las desviaciones o fallos.
- Todo lo anterior se mantiene y se mejora continuamente.

Mejoramiento Continuo y Trabajo en Equipo (Método Kaizen Blitz).

Este método se usa para encontrar una solución rápida a problemas que se presentan en plantas de manufactura, a través de un equipo de acción rápida. El término Blitz se refiere a un ataque rápido de problemas, normalmente se trata de problemas sencillos de solucionar, pero que afectan de manera importante a la producción. Como primer paso se integran los equipos de acción rápida denominados Kaizen Blitz incluyendo a trabajadores, supervisor, mecánicos, etc., es decir, personal con entrenamiento cruzado y multifuncionales. El objetivo es aprovechar la larga experiencia de los operadores para que identifiquen el problema y sus causas, aporten ideas y sugerencias y participen en la implantación de las soluciones. (Grazier, Meter. 1992).

El ciclo de mejora Kaizen se forma de cuatro pasos: persuadir al personal; motivarlos a hacer propuestas y generar ideas; revisión, evaluación y guía; reconocimiento y recomendaciones.

La solución de problemas con equipos kaizen debe tomar entre uno y cinco días como máximo, reconociendo al equipo de manera adecuada al final de cada solución implantada. Para problemas crónicos que lleven un largo periodo presentándose, es mejor que sean abordados por la modalidad de equipos de trabajo permanentes denominados Círculos de Control de Calidad que pueden tardar entre tres meses y un año para la solución de problemas, donde la urgencia de solución no es importante, más bien el objetivo es la mejora continua.

Mantenimiento Productivo Total (TPM).-

Este método se usa para maximizar la disponibilidad del equipo y maquinaria productiva de manufactura, evitando las fallas inesperadas y defectos generados; el mantenimiento se logra al conservar la máquina actualizada y en condiciones óptimas de operación a través de la participación de diversos departamentos en un esquema parecido al de la Calidad Total, pero enfocado a los equipos de manufactura. (Nakajima, Seiichi. 1988).

Bajo este método, el mantenimiento productivo es realizado en diferentes etapas: mantenimiento correctivo de fallas sólo en casos muy raros; mantenimiento autónomo realizado por operadores, haciendo actividades simples de mantenimiento en sus equipos; mantenimiento preventivo para prevenir desgaste prematuro; mantenimiento predictivo para anticipar fallas mayores en los equipos y programar el reemplazo de partes críticas; y el mantenimiento proactivo enfocado a actualizar y hacer mejoras en los equipos.

Distribución de Planta.-

La distribución de planta es colocar las áreas de manera que permita a los materiales avanzar con mayor facilidad, al costo más bajo y con el mínimo de manipulación desde que se reciben las materias primas hasta que se despachan los productos terminados.

Una buena distribución en planta debe cumplir con seis principios (Martínez, Juan. 2002):

- Principio de la Integración de conjunto.- La mejor distribución es la que integra las actividades auxiliares, así como cualquier otro factor.

- Principio de la mínima distancia.- Es mejor la distribución en la que la distancia a recorrer por el material sea la más corta.
- Principio de la circulación o flujo de materiales. En igualdad de condiciones, es mejor aquella distribución o proceso que este en el mismo orden a secuencia en que se transforma, tratan o montan los materiales.
- Principio de espacio cúbico. La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto vertical como horizontal.
- Principio de la satisfacción y de la seguridad. A igual de condiciones, será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los productores.
- Principio de la flexibilidad. A igual de condiciones, siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costo o inconvenientes.

Verificación del Proceso (JIDOKA).-

Este es un método que permite detectar y corregir defectos de la producción, llegando al punto de detener una máquina para impedir la elaboración de productos defectuosos. Esto asegura que la calidad sea controlada en el proceso mismo, de tal forma que se impide el paso de unidades defectuosas de un proceso al siguiente.

La filosofía Jidoka establece los parámetros óptimos de calidad en el proceso de producción, compara los parámetros contra los estándares establecidos, y si los parámetros del proceso no corresponden a los estándares preestablecidos el proceso se detiene alertando que existe una situación inestable de producción la cual debe ser corregida, esto con el fin de evitar la producción masiva de partes o productos defectuosos. Los procesos Jidoka son sistemas comparativos de lo “ideal” o estándar contra los resultados actuales de producción. (Mandujano, Karla. 2004).

SMED.-

Este método se usa para reducir los tiempos de cambios de modelo en las máquinas o líneas de producción. El método fue desarrollado por Shigeo Shingo y lo denominó: “Cambio de dados en menos de diez minutos”, cuyo objetivo es hacer efectivamente los cambios de herramientas en menos de diez minutos (Shingo, Shigeo. 1985).

El tiempo de cambio es el tiempo entre la última parte o pieza del lote anterior y la primera pieza o parte buena del próximo lote.

Se puede hacer una analogía con las actividades que suceden en los pits de autos de carreras. Se descubrió que las mejores plantillas de mecánicos preparan previamente todo lo necesario antes de que

llegue el coche (preparación externa con el coche en la pista), de tal forma que cuando entra el coche, los cambios de llantas y llenado del tanque de combustible toma sólo 15 segundos (preparación interna con los coches en los pits). (McGraw, Jim. 2001)

2.5. Diagrama de Pareto:

De acuerdo a Stachú Sebashtian Walter (2004), el diagrama de Pareto es una comparación ordenada de factores relativos a un problema. Esta comparación sirve para identificar y enfocar los pocos factores vitales de los muchos factores triviales. Esta herramienta es valiosa en la asignación de prioridades a los problemas de calidad, en el diagnóstico de causas y en la solución de las mismas. El diagrama de Pareto se puede elaborar de la siguiente manera:

- Cuantificar los factores del problema y sumar los efectos parciales hallando el total.
- Reordenar los elementos de mayor a menor.
- Calcular los porcentajes de los efectos
- Determinar el % acumulado del total para cada elemento de la lista ordenada.
- Trazar y rotular el eje vertical izquierdo (unidades).
- Trazar y rotular el eje horizontal (elementos).
- Trazar y rotular el eje vertical derecho (porcentajes).

- Dibujar las barras correspondientes a cada elemento.
- Trazar un gráfico lineal representando el porcentaje acumulado.
- Analizar el diagrama localizando el "Punto de inflexión" en este último gráfico.

Por ejemplo, 80% del valor del inventario total se encuentra en sólo 20% de los artículos en el inventario; en 20% de los trabajos ocurren 80% de los accidentes, o 20% de los trabajos representan cerca de 80% de los costos de compensación para trabajadores.

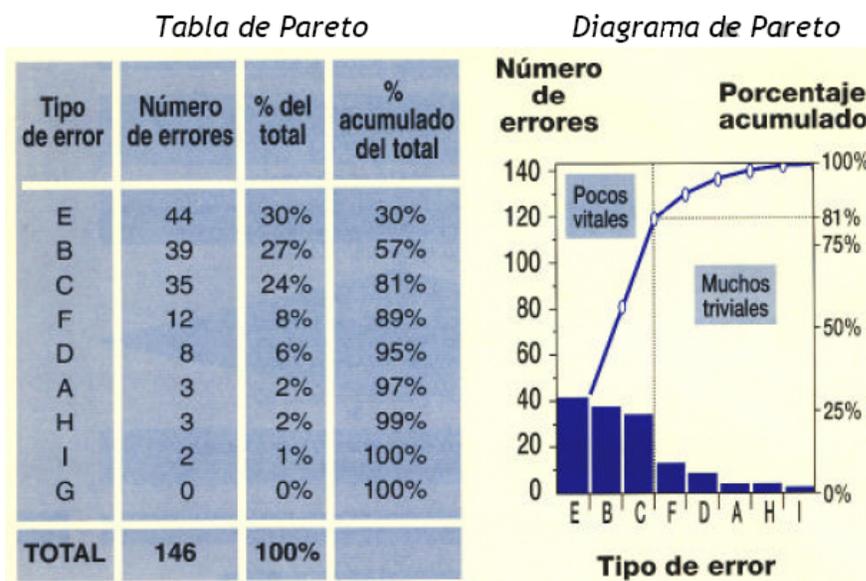


FIGURA 2.1. DIAGRAMA DE PARETO

2.6. Diagrama de Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa, también llamado diagrama de causa-efecto, es una de las diversas herramientas surgidas a lo largo del siglo XX para facilitar el análisis de problemas y encontrar posibles soluciones.

Fue concebido por el ingeniero japonés Dr. Kaoru Ishikawa en el año 1953. Se trata de un diagrama que por su estructura ha venido a llamarse también: diagrama de espina de pescado, que consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha.

El problema analizado puede provenir de diversos ámbitos como la salud, calidad de productos y servicios, fenómenos sociales, organización, etc. A este eje horizontal van llegando líneas oblicuas - como las espinas de un pez- que representan las causas valoradas como tales por las personas participantes en el análisis del problema. A su vez, cada una de estas líneas que representa una posible causa, recibe otras líneas perpendiculares que representan las causas secundarias. Cada grupo formado por una posible causa primaria y sus causas secundarias forman un grupo de causas con naturaleza común. Este tipo de herramienta permite un análisis participativo

mediante grupos de mejora o grupos de análisis, que mediante técnicas como por ejemplo la lluvia de ideas, sesiones de creatividad, y otras, facilita un resultado óptimo en el entendimiento de las causas que originan un problema, con lo que puede ser posible la solución del mismo (*Wikipedia, 2007*).

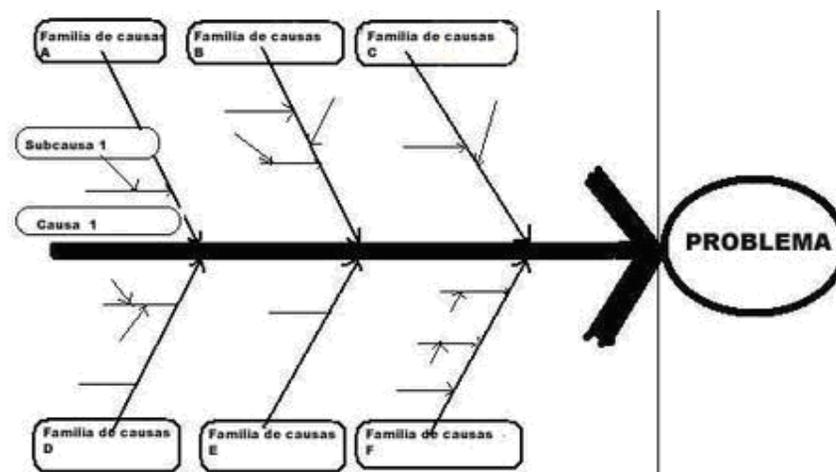


FIGURA 2.2. DIAGRAMA DE ISHIKAWA

2.7. Cálculo de la Eficiencia

Para calcular la eficiencia total de un equipo o de una planta se debe considerar el efecto del tiempo disponible, la producción y la calidad.

- A: Tiempo real en minutos
- B: Tiempo de paros planeados en minutos
- C: A-B Tiempo disponible en minutos
- D: Tiempo de paros no planeados

E: C-D Tiempo de Operación

F: E/C EFICIENCIA EN TIEMPO DISPONIBLE

G: Producción buena + K

H: Velocidad Teórica

I: E x H Producción Teórica

J: G/I EFICIENCIA EN PRODUCCIÓN

K: Producción rechazada

L:(G-K)/G EFICIENCIA EN CALIDAD

$$\text{Eficiencia Total del Equipo} = F \times J \times L \times 100\%$$

2.8. Selección de Proyectos de Mejora

Para realizar una correcta selección del proyecto de mejora se puede utilizar la siguiente matriz de priorización:



FIGURA 2.3 MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

En el eje vertical se detalla el impacto que producirá la propuesta planteada en la mejora del proceso y en el eje horizontal la factibilidad del proyecto planteado.

La matriz se divide en cuatro zonas que son.

Baja Prioridad: Propuestas de baja factibilidad y bajo impacto en la mejora

Críticos: Proyectos de baja factibilidad pero alto impacto en la mejora

No críticos: Proyectos de alta factibilidad pero bajo impacto en la mejora

Estratégicos: Propuestas de alta factibilidad y alto impacto en la mejora.

Las propuestas planteadas se colocan en la región que corresponda dentro de la matriz según su nivel de factibilidad y el impacto que proporcione a la mejora y se selecciona la de mayor impacto y factibilidad.

CAPÍTULO 3

3. SELECCIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCTOS

3.1. Descripción de las Líneas de Productos

La empresa en estudio tiene definidas 4 líneas de productos que son: Etiquetas, empaques, bandas de seguridad y soluciones de empaques.

Etiquetas: Pueden ser de PVC termoencogibles o de polipropileno.

Etiquetas Termoencogibles:

Son láminas impresas de PVC flexible, cuya característica principal es la propiedad de encogerse al aplicársele temperatura.

Se utilizan principalmente para mejorar la presentación de un producto, indicando marcas de fábrica, ingredientes, contenido, precio, etc. Son muy utilizadas para revestir envases con formas irregulares por su propiedad de adherirse cuando se termoencogen.

El cliente recibe las etiquetas cortadas en unidades, y en su proceso productivo debe incluir mano de obra que coloque las etiquetas en el producto y lo pase a través de un túnel calor o vapor a unos 180 °C aproximadamente para que se efectúe el proceso de termoencogido. Al final de la línea se hace el empaque del producto.

Etiquetas para alimentación en rollos (roll feed):

Son láminas impresas en polipropileno que al igual que las anteriores se utilizan para mejorar la presentación de un producto, indicando marcas de fábrica, ingredientes, contenido, precio, etc.

El cliente recibe el producto en rollos y su proceso debe incluir una máquina etiquetadora que hace el proceso de corte, colocación y pegado de las etiquetas.

Empaques

Láminas de polipropileno impresas que se utilizan para empacar productos a los cuales no es conveniente poner una etiqueta, como empaques para jabones, cakes, galletas, etc.

El cliente recibe el producto en rollos y su proceso debe incluir una máquina empacadora que forma el empaque para el producto y lo sella.

Bandas de seguridad termoencogibles

Láminas impresas de PVC flexible que se utilizan como dispositivo de seguridad para botellas.

Al igual que las etiquetas termoencogibles el cliente necesita en su proceso un túnel de calor para efectuar el proceso de termoencogido.

Soluciones de Empaque

Son empaques en PVC que se usan generalmente para hacer promociones de productos. El termoencogido se realiza con túnel o con pistolas de calor.

3.2. Descripción de los Materiales Utilizados

Film de PVC

Material: Lámina termoencogible de cloruro de polivinilo (PVC)

Estructura: Cloruro derivado de la sal - etileno de petróleo crudo - antioxidantes pigmentos

Espesor: 40 – 50 – 63 micras

Color: Transparente y pigmentado

Encogimientos: Transversal 50% - 55% - 63 %, Longitudinal 2% - 5 %

Elongación: En dirección de máquina 200 %, En dirección transversal 25 %

Coefficiente de fricción: 0,27 - 0,35

Resistencia a la tensión: En dirección de máquina 6000 psi, En dirección transversal 15000 psi.

Film de Polipropileno

Material: Lámina de Polipropileno

Clases: Natural, Perlado, Metalizado

Film de Polipropileno Natural:

Estructura: Tratamiento Corona + Copolímero de PP Termosellable + Homopolímero de PP + Termopolímero de PP de Alta Termosellabilidad

Espesor: 30 – 35 – 40 micras

Elongación: En dirección de máquina 180%, En dirección transversal 50 %

Coefficiente de fricción: 0,3

Resistencia a la tensión: En dirección de máquina 125 N/mm², En dirección transversal 235 N/mm².

Rango de sellado: Cara Tratada 125-155, Cara No Tratada 115-155

Transmisión de vapor de agua: 4,7 g/m²/día

Transmisión de oxígeno: 1600 g/m²/día

Film de Polipropileno Perlado:

Estructura: Tratamiento Corona + Homopolímero de PP Blanco Brillante Termosellable + Homopolímero de PP Cavitado Blanco + Copolímero de PP Cavitado Blanco

Espesor: 30 – 35 – 40 micras

Elongación: En dirección de máquina 180%, En dirección transversal 50 %

Coefficiente de fricción: Cara Tratada 0,4, Cara No Tratada 0,25

Resistencia a la tensión: En dirección de máquina 3 N/mm², En dirección transversal 5,2 N/mm².

Rango de sellado: Cara Tratada 125-155, Cara No Tratada 115-155

Transmisión de vapor de agua: 6,6 g/m²/día

Transmisión de oxígeno: 93 g/m²/día

Film de Polipropileno Metalizado:

Estructura: Capa Tratada Metalizada + Homopolímero Aditivado + Homopolímero Cavitado Blanco + Homopolímero Aditivado + Capa Sellante no Tratada

Espesor: 30 – 35 – 40 micras

Elongación: En dirección de máquina 140%, En dirección transversal 40 %

Coefficiente de fricción: 0.2 – 0.4

Resistencia a la tensión: En dirección de máquina 80 N/mm², En dirección transversal 150 N/mm².

Rango de sellado: Cara Tratada 125-155, Cara No Tratada 115-155

Transmisión de vapor de agua: 0,5 g/m²/día

Transmisión de oxígeno: 93 g/m²/día

3.3 Análisis de las Líneas de Productos

Para seleccionar la línea de productos a estudiar se toma en consideración las siguientes variables:

- Nivel de producción.- Cantidad de kilos producidos en un periodo de tiempo.
- Ingreso generado por volumen de producción
- Nivel de desperdicios.- Cantidad de kilos de material desechado en el proceso productivo
- Costos del desperdicio.- Dinero que se pierde en la fabricación del producto defectuoso.

En base a una reunión mantenida con los directivos de la compañía se decidió utilizar datos de los 6 primeros meses del año 2007, es decir de enero a junio, debido a que no existen datos confiables de años anteriores y con el propósito de tomar decisiones rápidas.

Nivel de Producción

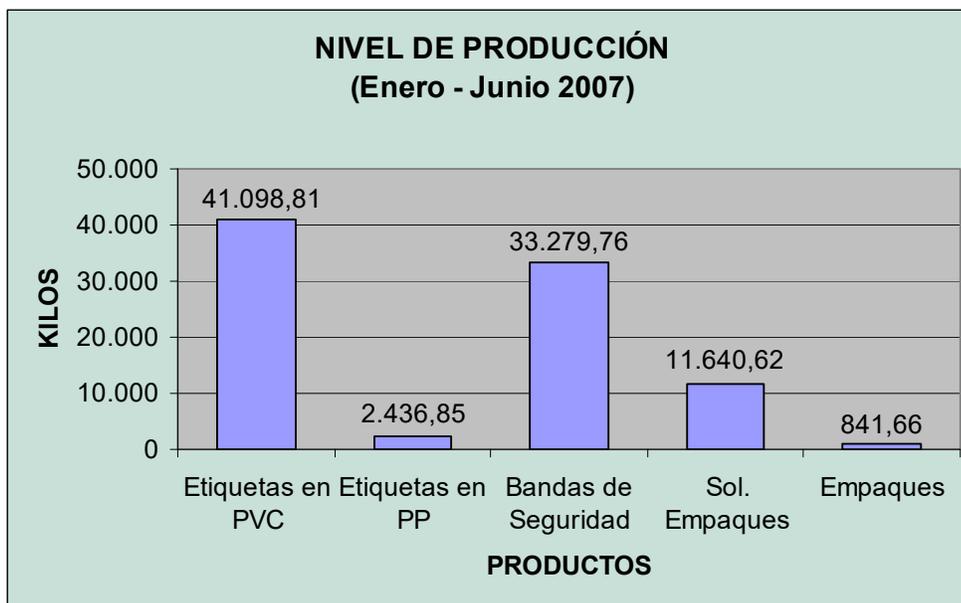


FIGURA 3.1. NIVEL DE PRODUCCIÓN

Como se observa en la figura 3.1, el volumen de producción de la etiquetas termoencogibles de PVC es superior al volumen de los otros productos, llegando a 41 toneladas de etiquetas termoencogibles contra 33 toneladas en bandas de seguridad y 11 Tn. de soluciones de empaques en el mismo material. Los otros productos en polipropileno tienen un bajo nivel de producción debido a que la empresa está empezando a incursionar en este mercado y no tiene suficientes clientes en esta área de productos.

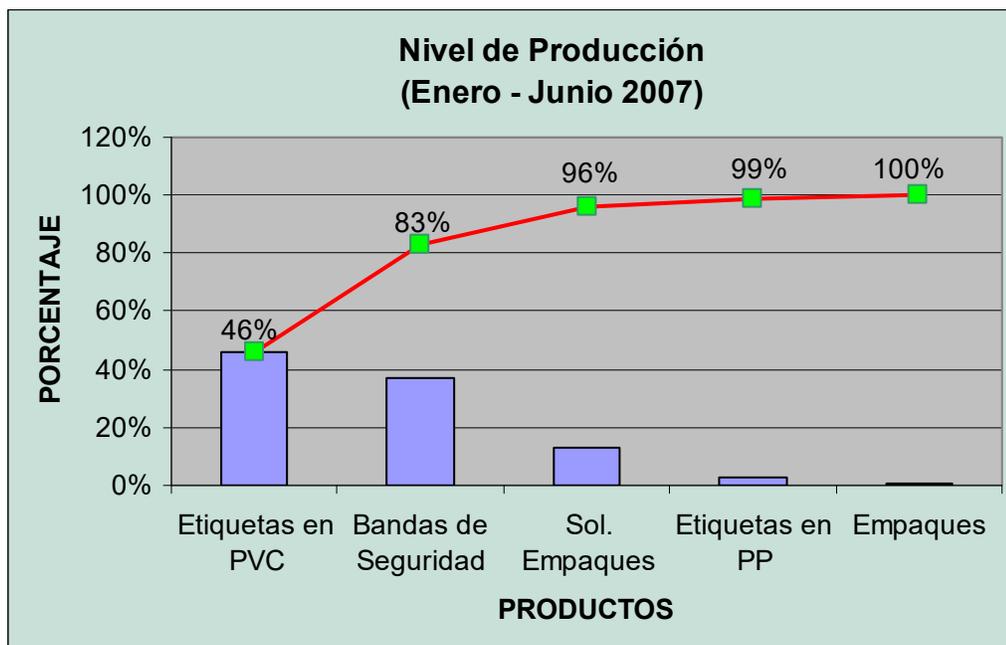


FIGURA 3.2. PORCENTAJE DE PRODUCCIÓN DE CADA PRODUCTO

En el diagrama de Pareto de la figura 3.2, se muestra que las etiquetas termoencogibles y las bandas de seguridad representan el 83% de la producción total de la empresa.

Análisis de Ingresos generados por volumen de producción

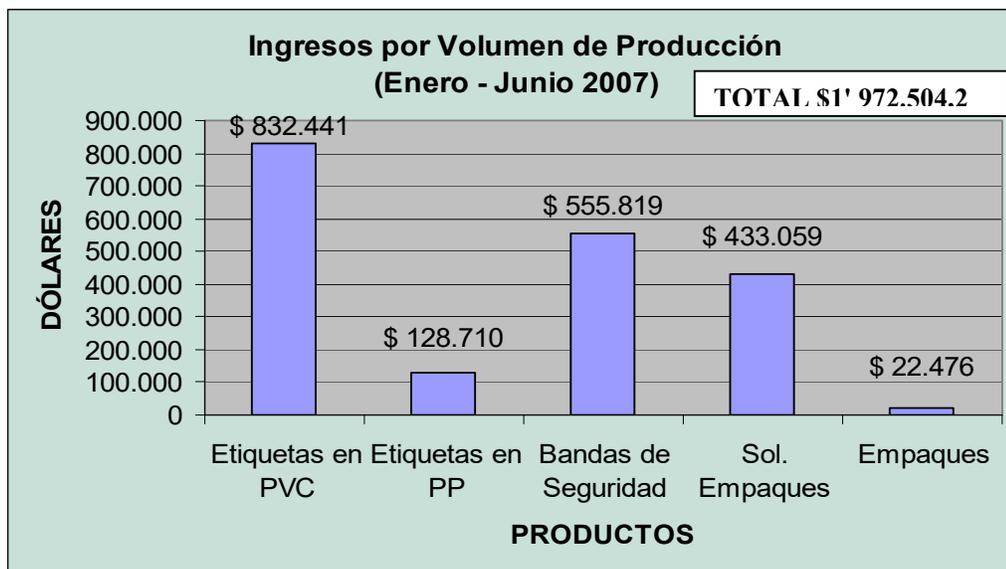


FIGURA 3.3. INGRESOS GENERADOS POR PRODUCTO

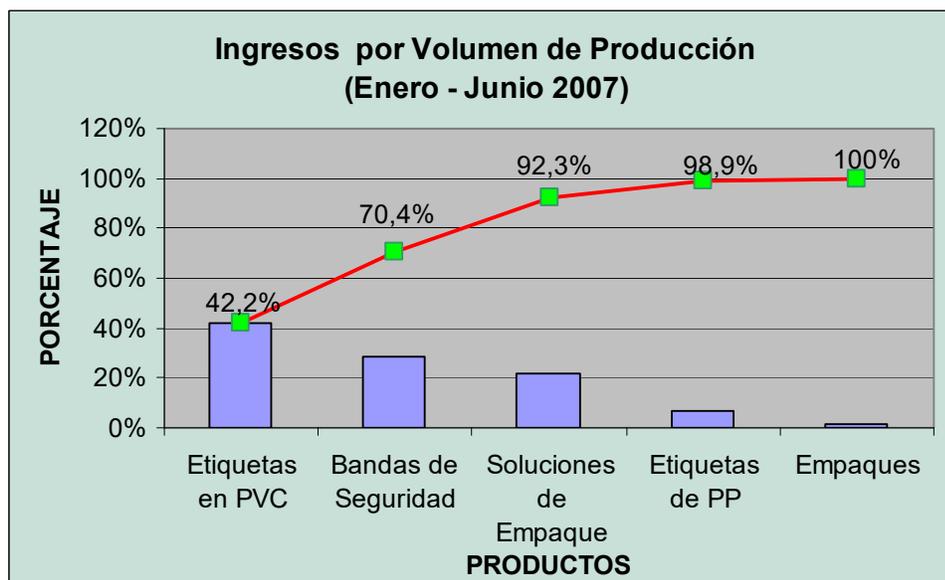


FIGURA 3.4. PORCENTAJE DE INGRESOS POR LÍNEA DE PRODUCTOS

En la figura 3.3 se puede observar que las etiquetas termoencogibles representan el primer rubro de ingresos para la compañía con \$832.000 y ha sido desde el inicio el giro del negocio.

También representan un ingreso importante la producción de bandas de seguridad y soluciones de empaques debido a que juntos representan más del 90% de los ingresos totales de la compañía como se aprecia en la Fig. 3.5.

Las etiquetas y los empaques en polipropileno aún no representan un nivel significativo de ingresos debido a que son nuevos en el mercado.

Se puede asumir que al mejorar los procesos para las principales líneas de productos, se puede aumentar significativamente el nivel de producción e ingresos para la compañía.

Nivel de desperdicios

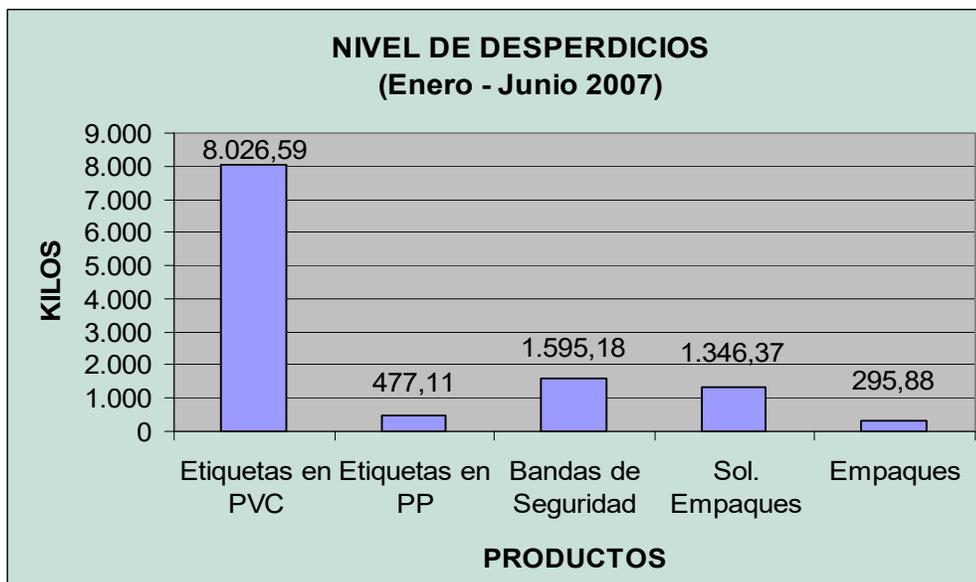


FIGURA 3.5. NIVEL DE DESPERDICIOS EN EL PERIODO

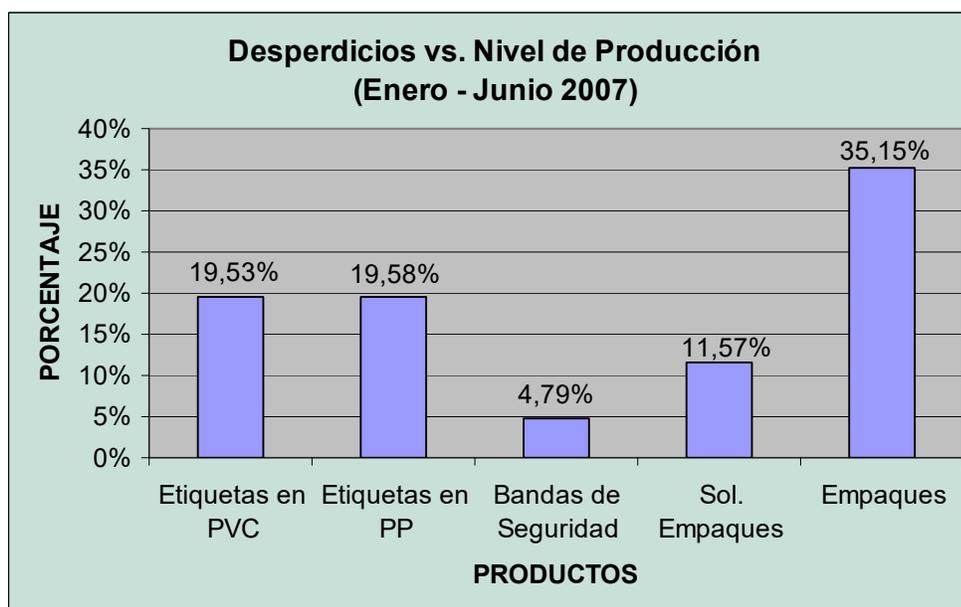


FIGURA 3.6. DESPERDICIOS EN RELACIÓN AL NIVEL DE PRODUCCIÓN

Como se observa en la figura 3.5 y 3.6, el nivel de desperdicios generados en la producción de etiquetas termoencogibles es superior a los desperdicios de los otros tipos de productos, llegando a 8 toneladas de material. Esto representa el 19,53% de la producción.

El desperdicio registrado por concepto de etiquetas en polipropileno es de 477,11 kg. lo que representa un 19,58 % del total de la producción.

En bandas de seguridad el nivel de desperdicios se ubica en 1.595 kg. lo que representa un 4,79% del total producido.

En soluciones de empaques el desperdicio generado es de 1.346 kg. que representa un 11,57 % del total producido.

En el caso de los empaques, aunque su producción sea pequeña, tenemos una elevada relación de desperdicios, llegando al 35,15%.

Análisis del Costo de desperdicios

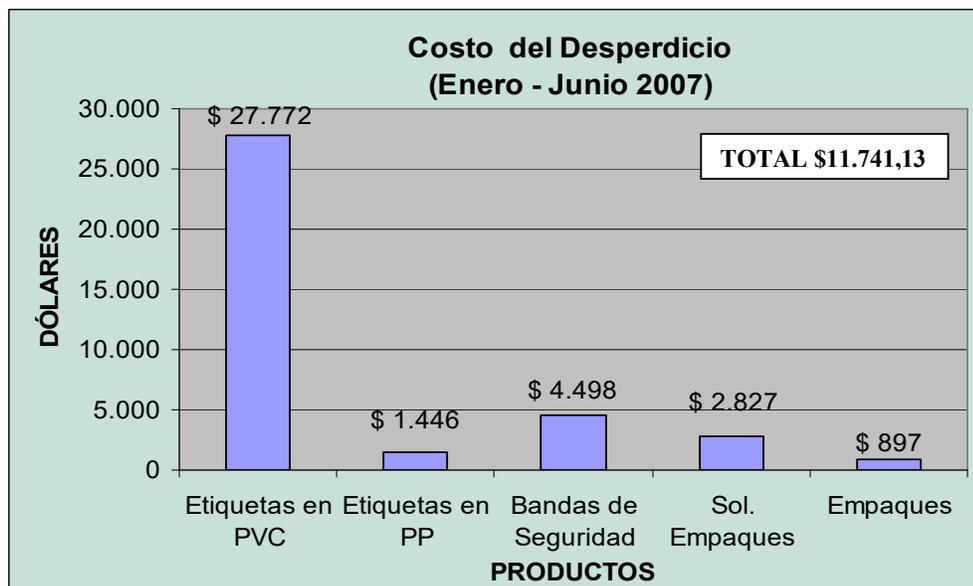


FIGURA 3.7. COSTO DEL DESPERDICIO POR LÍNEA DE PRODUCTOS

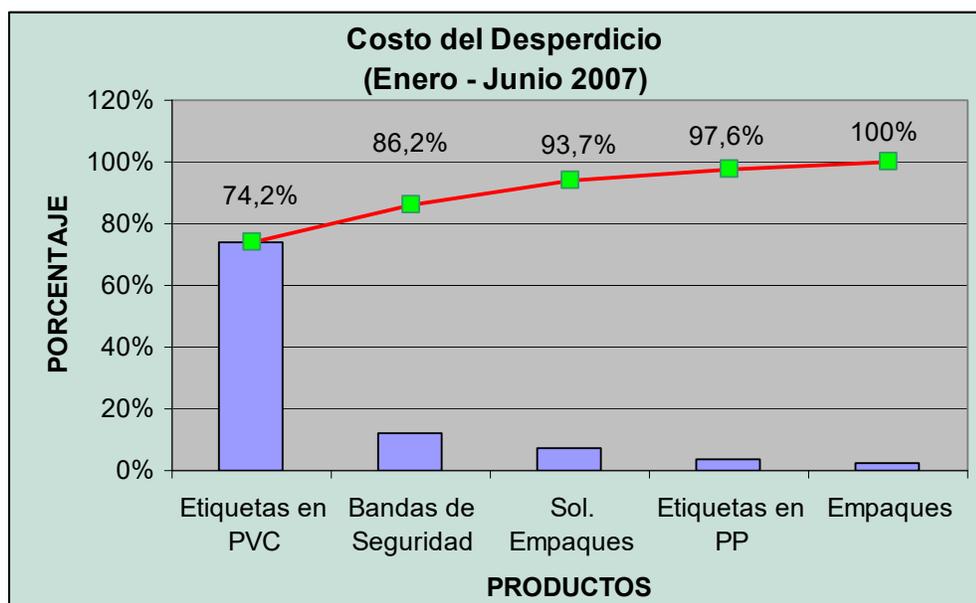


FIGURA 3.8. PORCENTAJE DE DESPERDICIO POR PRODUCTOS

En la figura 3.7 y 3.8 se detalla el dinero perdido a consecuencia del material desechado en el proceso productivo de cada producto.

El mayor costo es el generado por el desperdicio de las etiquetas termoencogibles de PVC, sobrepasando los \$ 27.700 durante el periodo de enero a junio del 2007, lo que representa el 74% del costo total de los desperdicios.

Las otras líneas de productos por tener menor desperdicio en su producción o por ser su costo de producción más bajo, tienen un costo menor.

Una de las posibles conclusiones es enfocarse en la producción de etiquetas termoencogibles, debido a que representa el mayor desperdicio.

3.4. Selección de la Línea de Productos

En la tabla 2 se puede observar los valores obtenidos en cada ítem analizado en el punto 2.

TABLA 2

RESUMEN DE INDICADORES DE PRODUCCIÓN

	Producción (Kg.)	Ingresos (\$)	Desperdicio vs. Producción (%)	Costo del Desperdicio (\$)
Etiqu. de PVC	41.098,81	832.441	19,53	27.772
Etiqu. de PP	2.436,85	128.710	19,58	1.446
Bandas de Seg.	33.279,76	555.819	4,79	4.498
Sol. De Empaque	11.640,62	433.059	11,57	2.827
Empaques	841,66	22.476	35,15	897

Al ordenar las líneas de productos según la prioridad en cada indicador, se puede obtener la tabla 3.

TABLA 3

LÍNEA DE PRODUCTOS POR INDICADOR

	<i>Producción</i>	<i>Ingresos</i>	<i>Desperdicios vs. Producción</i>	<i>Costo Desperdicio</i>
5	Etiquetas de PVC	Etiquetas de PVC	Empaques	Etiquetas de PVC
4	Bandas de Seguridad	Bandas de Seguridad	Etiquetas de PP	Bandas de Seguridad
3	Soluciones de Empaque	Soluciones de Empaque	Etiquetas de PVC	Soluciones de Empaque
2	Etiquetas de PP	Etiquetas de PP	Soluciones de Empaque	Etiquetas de PP
1	Empaques	Empaques	Bandas de Seguridad	Empaques

Los números del 1 al 5 representan la calificación de cada producto en cada indicador, siendo el 5 la mayor calificación y el 1 la calificación más baja.

Para realizar la selección de la línea de productos a estudiar, se va a establecer una ponderación a cada factor de producción para indicar la importancia de este ítem en la empresa, lo cual se observa en la tabla 4.

TABLA 4

PONDERACION DE INDICADORES DE PRODUCCIÓN

Indicadores	Ponderación
Producción	25%
Ingresos	25%
Desperdicios vs. Producción	10%
Costo del Desperdicio	40%

Calificando cada línea de productos, se obtienen las siguientes tablas:

TABLA 5

CALIFICACIÓN DE ETIQUETAS DE PVC

Etiqu. PVC			
Indicadores	Ponderación	Calificación	
Producción	25%	5	1,25
Ingresos	25%	5	1,25
Desperdicios vs. Producción	10%	3	0,3
Costo del Desperdicio	40%	5	2
TOTAL			4,8

TABLA 6

CALIFICACIÓN DE ETIQUETAS DE PP

Etiqu. PP			
Indicadores	Ponderación	Calificación	
Producción	25%	2	0,5
Ingresos	25%	2	0,5
Desperdicios vs. Producción	10%	4	0,4
Costo del Desperdicio	40%	2	0,8
TOTAL			2,2

TABLA 7

CALIFICACIÓN DE BANDAS DE SEGURIDAD

Bandas de Seguridad			
Indicadores	Ponderación	Calificación	
Producción	25%	4	1
Ingresos	25%	4	1
Desperdicios vs. Producción	10%	1	0,1
Costo del Desperdicio	40%	2	0,8
		TOTAL	2,9

TABLA 8

CALIFICACIÓN DE SOLUCIONES DE EMPAQUES

Soluciones de Empaque			
Indicadores	Ponderación	Calificación	
Producción	25%	3	0,75
Ingresos	25%	3	0,75
Desperdicios vs. Producción	10%	2	0,2
Costo del Desperdicio	40%	3	1,2
		TOTAL	2,9

TABLA 9

CALIFICACIÓN DE EMPAQUES

Empaque			
Indicadores	Ponderación	Calificación	
Producción	25%	1	0,25
Ingresos	25%	1	0,25
Desperdicios vs. Producción	10%	5	0,5
Costo del Desperdicio	40%	1	0,4
TOTAL			1,4

Al ordenar las líneas de productos según la calificación obtenida, se puede generar la tabla 10.

TABLA 10

LÍNEAS DE PRODUCTOS ORDENADOS POR CALIFICACIÓN

Línea de Productos	Calificación
Etiquetas de PVC	4,8
Bandas de Seguridad	2,9
Soluciones de Empaque	2,9
Etiquetas de PP	2,2
Empaques	2

En tabla 10 se puede observar que la línea de etiquetas de PVC es la calificación más alta con 4,8 puntos, seguido de las bandas de seguridad y soluciones de empaque con 2,9 puntos.

De acuerdo al análisis realizado se va a seleccionar a la línea de etiquetas de PVC como el producto a ser mejorado.

CAPÍTULO 4

4. SELECCIÓN DEL PROCESO CRÍTICO A MEJORAR

4.1. Descripción del Proceso Productivo para Fabricar Etiquetas Termoencogibles

Se utilizan los siguientes procesos para la fabricación de etiquetas termoencogibles:

- Extrusión
- Pegado
- Refilado
- Corte
- Impresión

Extrusión:

Este proceso sirve para obtener la lámina tubular de PVC mediante la fundición del pellet y el paso por un buje para la medida del ancho. Este proceso da a la lámina las características de encogimiento transversal y longitudinal.

La producción de láminas tubulares se realiza no solamente para los pedidos existentes, sino que se extruye material en diversas medidas para stock.

No se ha considerado al proceso de extrusión dentro del análisis debido a que es el único que produce para stock y gran parte de los pedidos se realizan con láminas de PVC importadas.

Refilado

En este proceso se corta los bordes de la lámina de PVC a la medida de la impresión y se deja un espacio como traslape para el pegado.

La refiladora necesita 8 mm. en el ancho del material para refilar, lo cual corresponde a un desperdicio de diseño de la máquina que no se puede recuperar.

En este proceso también se realiza la separación de los bloques impresos a lo ancho del material.

Impresión

Proceso en el que se impregna un diseño en la lámina abierta de PVC, utilizando como medio una impresora de 6 colores, fotopolímeros en alto relieve con el diseño, tintas y solventes.

Pegado

En este proceso se pegan entre sí ambos extremos de la lámina impresa para obtener una forma tubular.

Corte

A este proceso ingresan las bobinas impresas y la máquina va cortando transversalmente una a una las etiquetas con el largo requerido.

Las etiquetas son empacadas en fundas de 1000 o 2000 unidades según sea el tamaño.

4.2. Análisis del Proceso Productivo

Para seleccionar el proceso crítico de producción se va a analizar los siguientes factores:

- Volumen de producción
- Capacidad de producción

- Capacidad teórica vs. Volumen de producción
- Nivel de Eficiencia
- Nivel de desperdicios
- Costo del desperdicio

Los datos corresponden a los meses de enero a junio del 2007.

Volumen de Producción:

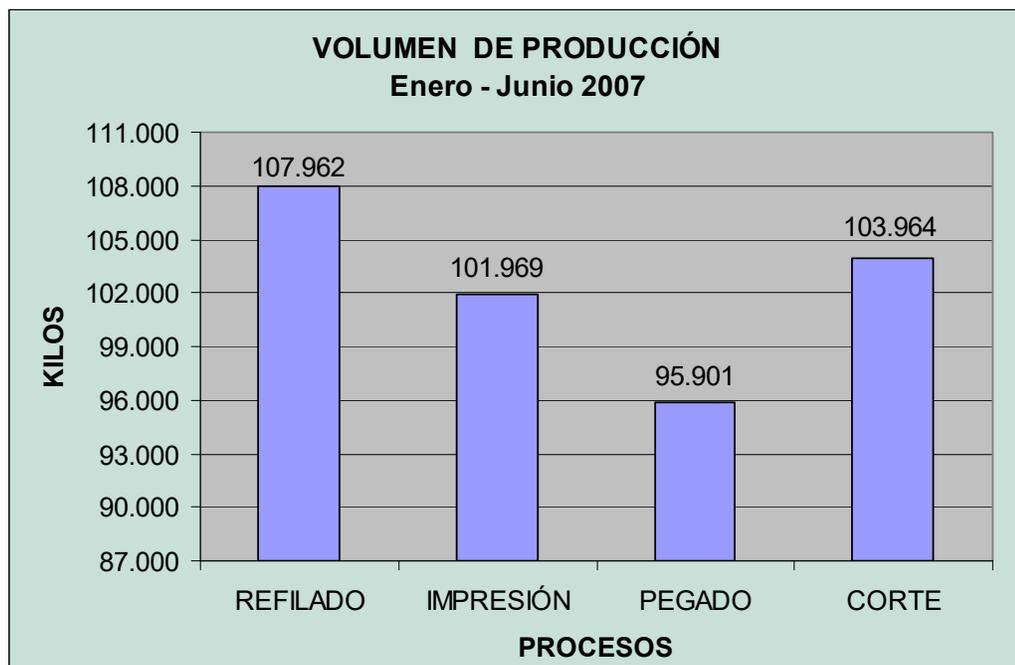


FIGURA 4.1. VOLUMEN DE PRODUCCIÓN POR PROCESOS.

El área de refilado es el de mayor producción con 107,9 Tn. en los 6 meses.

Hay que considerar que debido a la capacidad de producción de la máquina, se destina parte de su producción para stock del siguiente periodo, además en el caso de empaques y etiquetas de polipropileno sólo se imprime y se refila.

El área de impresión, pegado y corte tienen 101,97 Tn., 95,9 Tn., y 103,9 Tn. respectivamente.

El área de corte produce más que impresión y pegado debido al corte de soluciones de empaque.

Capacidad de Producción:

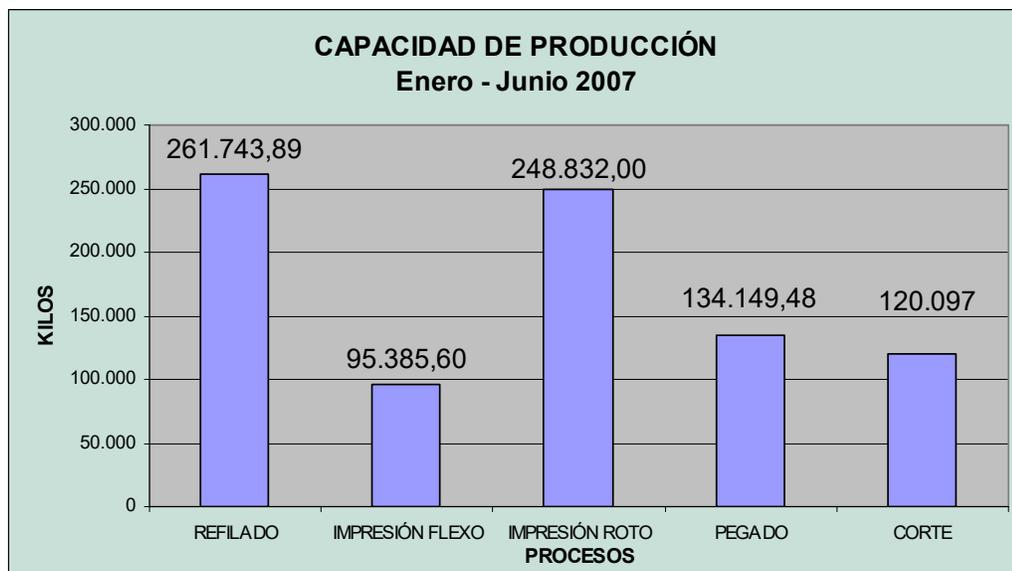


FIGURA 4.2. CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN POR PROCESOS

Para el análisis de este indicador y su comparación con el nivel de producción, se separó la capacidad de producción del área de impresión debido a la reciente adquisición de la impresora de rotograbado. La capacidad de la impresión en flexo para el periodo fue de 95,3 Tn., mientras que en rotograbado es de 248,8 Tn.

El área de refilado tiene una capacidad de 261,7 Tn. que quiere decir que puede satisfacer holgadamente la producción actual de las impresoras, pero si la impresora de rotograbado aumenta su producción a su capacidad teórica se necesitaría aumentar la capacidad del área de refilado.

El área de pegado y corte tienen capacidades de 134 Tn y 120 Tn respectivamente.

Capacidad Teórica vs. Volumen de producción

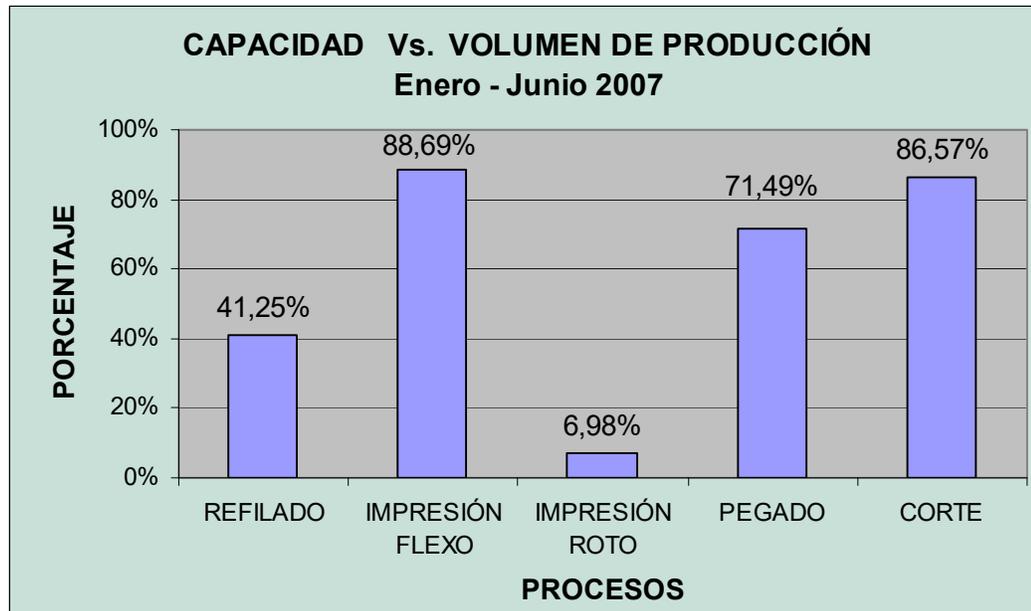


FIGURA 4.3. PORCENTAJE DE CAPACIDAD POR PROCESOS

El área con mayor ocupación en su capacidad es el de impresión en flexo con un 88,69%, es importante notar que la impresora de rotograbado con su aporte en la producción se ocupó solo en un 6,98% de su capacidad debido a que todavía no se tienen muchos pedidos para esta máquina y pasa la mayor parte del tiempo parada.

La siguiente área con mayor ocupación en su capacidad es la de corte con 86,57% debido a que no solo tiene que cubrir lo producido en etiquetas de PVC sino también en bandas de seguridad y soluciones de empaque.

La utilización del área de pegado es del 71,49% lo cual refleja también que puede abastecer el volumen de producción actual del área de impresión. El área de refilado es el de menor utilización con 41,25% por lo cual también permanece parte del tiempo sin operar.

Nivel de Eficiencia

Para analizar este indicador se presentan los componentes de la eficiencia en cada proceso.

En el área de impresión se toman en consideración solamente la impresora de flexografía que representa el 83% de la producción total del área.

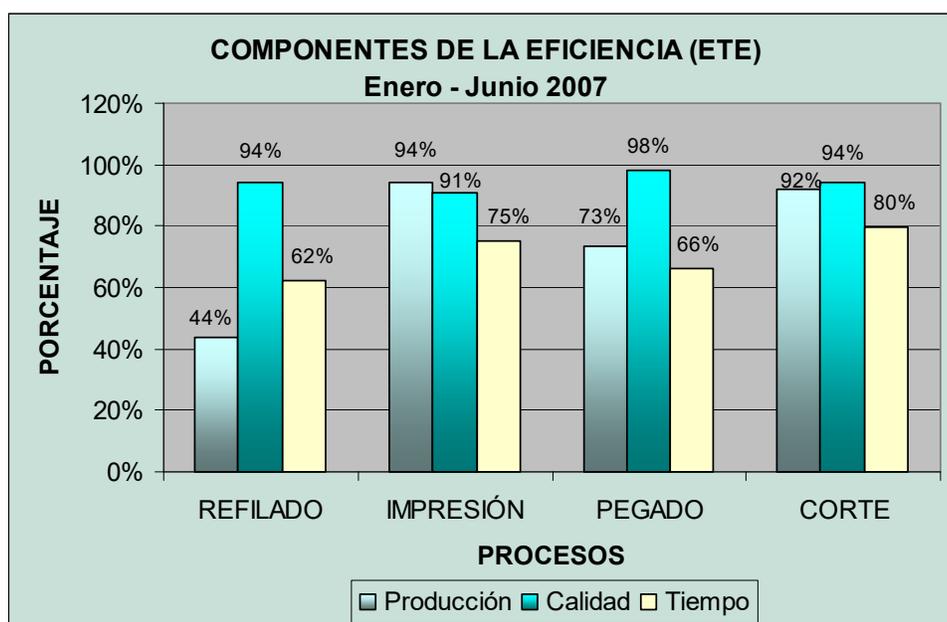


FIGURA 4.4. COMPONENTES DE LA EFICIENCIA (ETE)

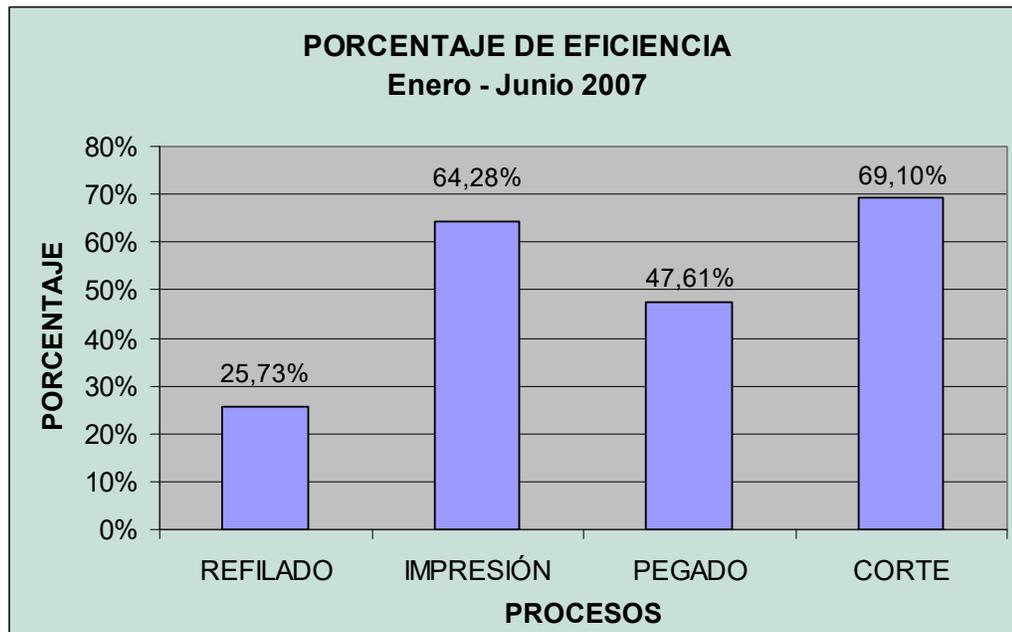


FIGURA 4.5. EFICIENCIA POR PROCESOS

En la figuras 4.4 y 4.5 se presentan el cálculo de las eficiencias de cada proceso productivo.

En forma general se puede notar que las eficiencias en cada proceso son menores al 70% lo cual indica que hay oportunidades de mejoras en todas las áreas.

El área que presenta el mayor porcentaje de eficiencia es corte con un 69,10%. La baja de la eficiencia se debe a la inadecuada utilización del tiempo disponible.

El área de refilado, es el de menor eficiencia con 25,73% y se debe a que su capacidad productiva es muy grande en comparación con la producción de la impresora, lo que hace que su capacidad y tiempo disponible sean subutilizados.

Nivel de Desperdicios

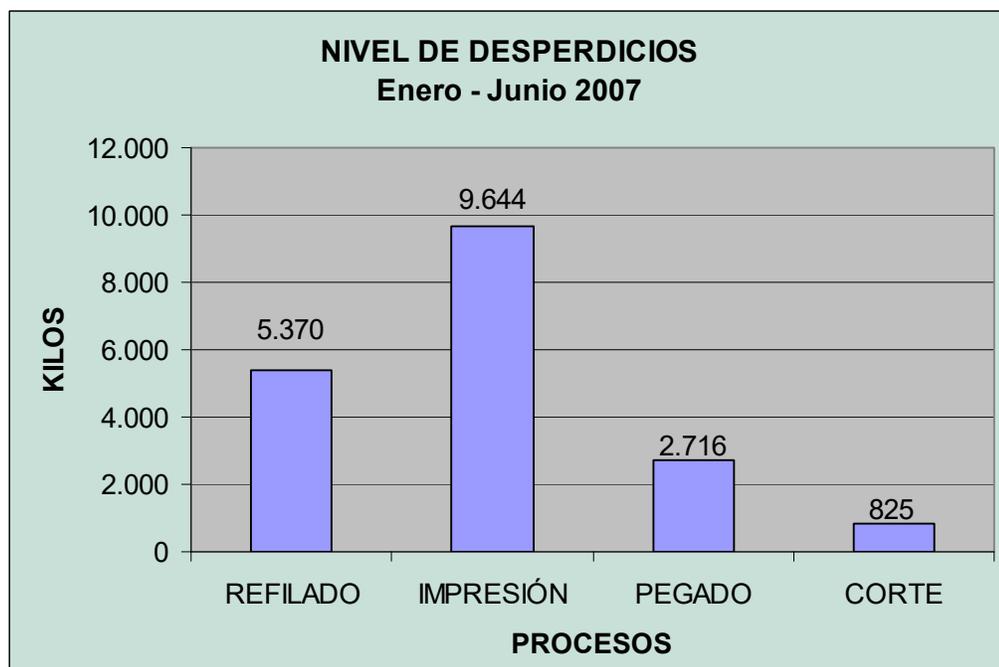


FIGURA 4.6. NIVEL DE DESPERDICIOS POR PROCESO

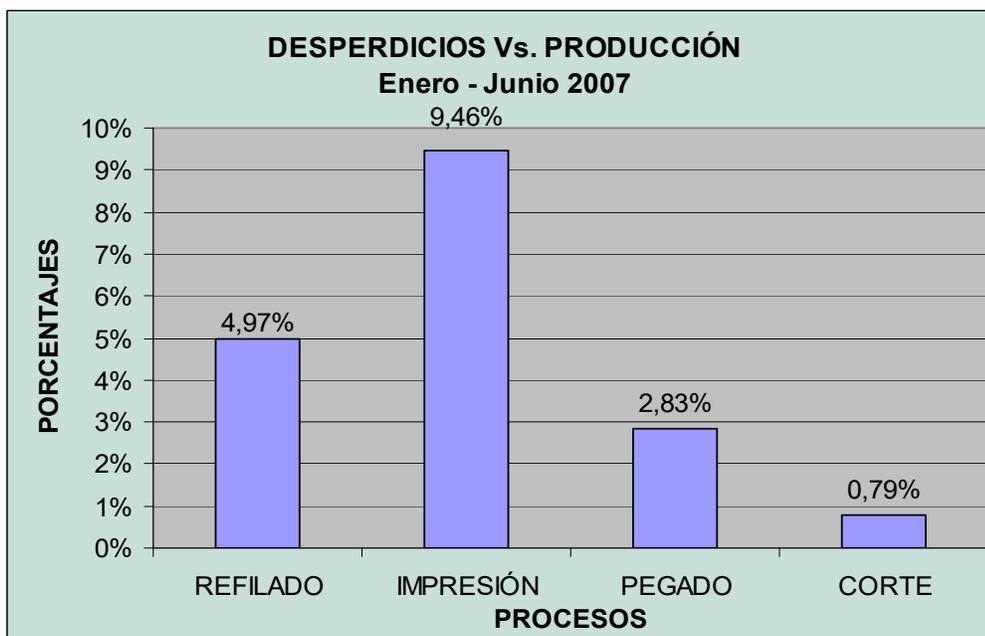


FIGURA 4.7. RELACIÓN DEL DESPERDICIO Vs. PRODUCCIÓN

Las figuras 4.6 y 4.7 muestran la producción de desperdicios en cada área. El área que presenta mayores desperdicios es la de impresión con 9,6 Tn. lo cual representa el 9,46% de la producción del área. Esto se produce generalmente por limpiezas de máquina en el proceso, ajustes de color, etc.

Se debe resaltar que la mayoría de este desperdicio no se detecta en esta área sino en los procesos siguientes como pegado y corte.

El área de refilado también posee un elevado nivel de desperdicios que asciende a 5,3 Tn. y que representa casi el 5% de la producción. En este caso la mayor parte es desperdicio estructural, se presenta al

cortar los bordes de la lámina tubular de PVC para obtener una lámina abierta.

En pegado el desperdicio fue de 2,7 Tn. lo que equivale a 2,8% de la producción. Se produce principalmente por descalibres del material que producen que la etiqueta no se pegue correctamente

El área de corte presenta un desperdicio de 0,8 Tn, y aunque es el área con menor desperdicio no es insignificante y se produce por cuadros de máquina y descalibres.

Análisis del Costo de desperdicios



FIGURA 4.8. COSTO DEL DESPERDICIO POR PROCESOS

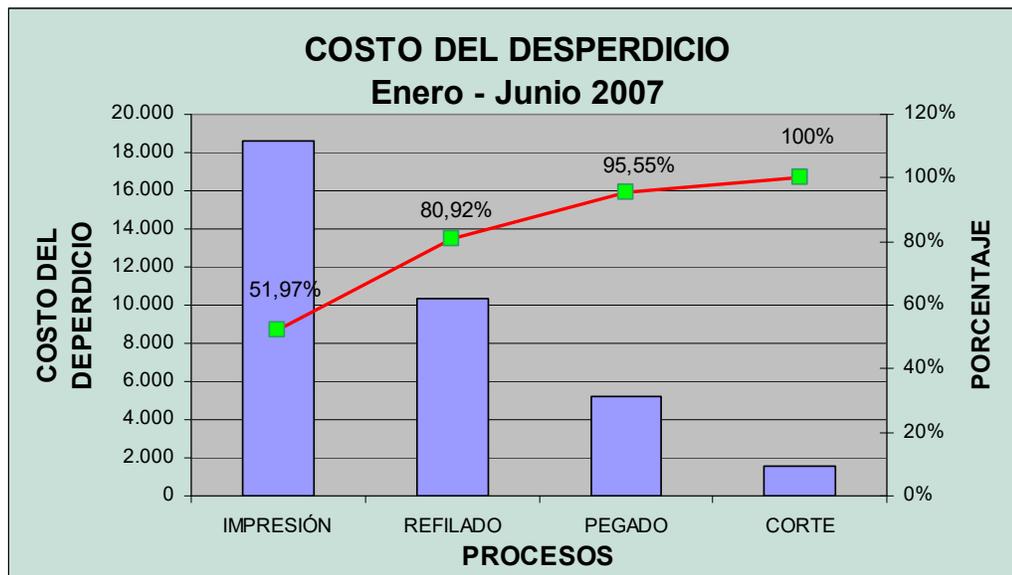


FIGURA 4.9. PORCENTAJE DEL COSTO DEL DESPERDICIO

Las figuras 4.8 y 4.9 detallan el dinero que se pierde a consecuencia del desperdicio generado en cada área de producción.

El costo más significativo es el producido por el área de impresión donde el valor asciende a \$18.614 y que representa un 51,97% del desperdicio total de generado en la planta.

Refilado también es fuente generador de un alto nivel de desperdicios con \$10.365 en el periodo.

Se puede apreciar en la figura 4.9 que el desperdicio de estas dos áreas representa el 80% del costo total del desperdicio de la planta,

por lo cual es necesario enfocar los proyectos de mejoras en estas áreas.

Análisis del Costo de Tiempo Improductivo

Se considera importante el cálculo del costo del tiempo improductivo porque es un desperdicio que si no se lo mide no se lo puede controlar ni reducir.

Este costo es el resultado de la multiplicación de las horas improductivas por el costo del centro de trabajo.



FIGURA 4.10. COSTO DEL TIEMPO IMPRODUCTIVO

El área que representa el mayor costo en tiempo improductivo es el área de impresión con un valor de \$ 6.733 en el periodo. Este valor es superior a las demás áreas debido a que la máquina se la programa para producción las 24 horas y la operan 3 personas, impresión marca el ritmo de producción de la empresa.

Es importante notar que la reducción del tiempo ineficiente en el área de impresión ayudará al incremento de la producción y a la reducción de un costo innecesario.

El costo de tiempo improductivo en las otras áreas está entre \$ 2.300 y \$1.600 en el periodo. Este costo no es muy elevado debido a que las máquinas no son programadas a tiempo completo y el costo de la hora máquina no son muy altos.

Costo total del desperdicio

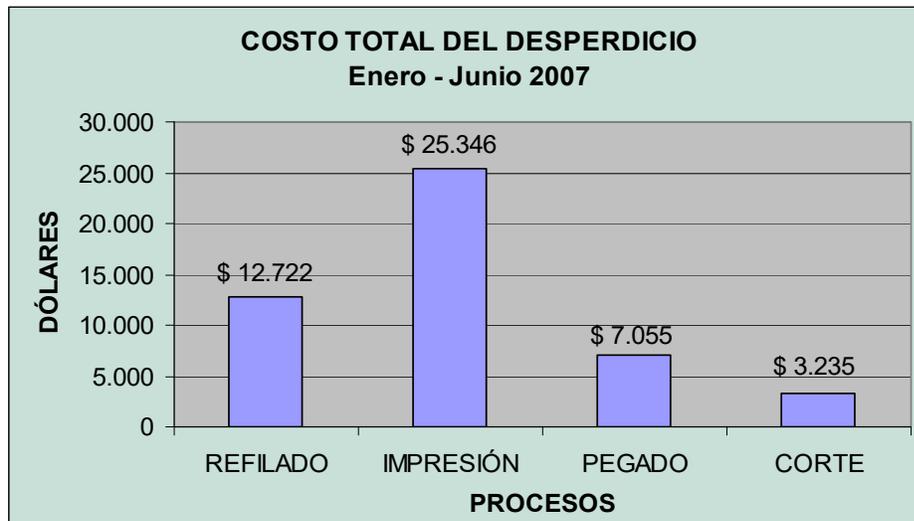


FIGURA 4.11. COSTO TOTAL DEL DESPERDICIO

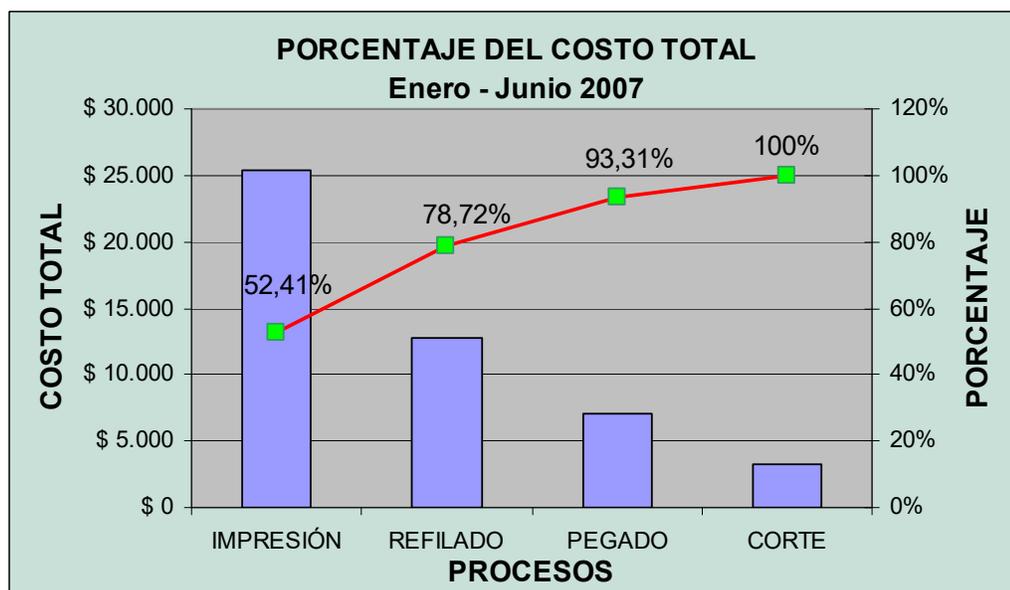


FIGURA 4.12. PORCENTAJE DEL COSTO DEL DESPERDICIO

La figura 4.10 y 4.11 muestran el cálculo del costo total de desperdicio en tiempo improductivo y productos defectuosos para cada área de producción.

El área con mayor desperdicio es impresión con un valor que asciende a \$ 25.346 y que representa el 52,41% del costo del desperdicio generado en la planta.

El área de refilado tiene un costo por desperdicio equivalente a la mitad del área de refilado \$12.722 y el costo de ambas áreas representan el 7,72% del desperdicio total.

Las áreas de pegado y corte tienen un costo de desperdicio de \$7.000 y \$3.200 respectivamente que es mucho menor que las demás áreas.

4.3. Selección del Proceso Crítico

En la tabla 11 se puede observar los valores obtenidos en cada ítem analizado en el punto 4.2

TABLA 11

RESUMEN DE INDICADORES DE PRODUCCIÓN

	Producción (Kg.)	Capacidad vs. Producción	Eficiencia	Costo del Desperdicio (\$)
Refilado	107.962	41,25%	25,73%	12.722
Impresión	101.969	88,69%	64,28%	25.346
Pegado	95.901	71,49%	47,61%	7.055
Corte	103.964	86,57%	69,10%	3.235

Al ordenar los procesos productivos según el valor obtenido en cada indicador, se puede obtener la tabla 12.

TABLA 12

PROCESOS PRODUCTIVOS POR INDICADOR

	Producción (Kg.)	Capacidad vs. Producción	Eficiencia	Costo del Desperdicio (\$)
4	Refilado	Impresión	Corte	Impresión
3	Corte	Corte	Impresión	Refilado
2	Impresión	Pegado	Pegado	Pegado
1	Pegado	Refilado	Refilado	Corte

Los números del 1 al 4 representan la calificación de cada producto en cada indicador, siendo el 4 la mayor calificación y el 1 la calificación más baja.

Para realizar la selección del proceso a estudiar, se va a establecer una ponderación a cada factor de producción para indicar la

importancia de este ítem en la empresa, lo cual se observa en la tabla 13.

TABLA 13.

PONDERACION DE INDICADORES DE PRODUCCIÓN

Indicadores	Ponderación
Producción	25%
Capacidad vs. Producción	10%
Eficiencia	25%
Costo del Desperdicio	40%

Calificando cada proceso productivo, se obtienen las siguientes tablas:

TABLA 14

CALIFICACIÓN DE REFILADO

Refilado			
Indicadores	Ponderación	Calificación	
Producción	25%	4	1
Capacidad vs. Producción	10%	1	0,1
Eficiencia	25%	1	0,25
Costo del Desperdicio	40%	3	1,2
		TOTAL	2,55

TABLA 15

CALIFICACIÓN DE IMPRESIÓN

Impresión			
Indicadores	Ponderación	Calificación	
Producción	25%	2	0,5
Capacidad vs. Producción	10%	4	0,4
Eficiencia	25%	3	0,75
Costo del Desperdicio	40%	4	1,6
TOTAL			3,25

TABLA 16

CALIFICACIÓN DE PEGADO

Pegado			
Indicadores	Ponderación	Calificación	
Producción	25%	1	0,25
Capacidad vs. Producción	10%	2	0,2
Eficiencia	25%	2	0,5
Costo del Desperdicio	40%	2	0,8
TOTAL			1,75

TABLA 17

CALIFICACIÓN DE CORTE

Corte			
Indicadores	Ponderación	Calificación	
Producción	25%	3	0,75
Capacidad vs. Producción	10%	3	0,3
Eficiencia	25%	4	1
Costo del Desperdicio	40%	1	0,4
TOTAL			2,45

Al ordenar los procesos productivos según la calificación obtenida, se puede generar la tabla 18.

TABLA 18

PROCESOS ORDENADOS POR CALIFICACIÓN

Procesos Productivos	Calificación
Impresión	3,25
Refilado	2,55
Corte	2,45
Pegado	1,75

En tabla 18 se puede observar que el proceso de Impresión es la calificación más alta con 3,25 puntos, seguido de Refilado con 2,55 puntos.

De acuerdo al análisis realizado se va a seleccionar al área de Impresión como proceso a ser mejorado.

CAPÍTULO 5

5. PLAN DE MEJORAS

5.1. Identificación de Problemas

Para determinar los principales problemas del área de impresión se realiza en primera instancia una plenaria con el jefe de impresión y el jefe de planta. En esta reunión se identificaron los siguientes problemas:

- Vibraciones que producen betas en la impresión
- Demoras al obtener el color en aprobaciones y puesta en marcha
- Variación de tonalidades durante la producción.
- No hay un adecuado ajuste de presiones
- Ganancia de puntos en el fotopolímero

- No hay un adecuado control de las tensiones
- No hay paralelismo al unir ambas caras de la etiqueta

Priorización de los problemas

Para cuantificar la frecuencia con la que suceden los problemas antes mencionados se revisa los reportes de producción del área de impresión en los últimos 3 meses debido a que pueden existir paradas de máquinas que no se han reportado anteriormente. Con los datos obtenidos se elabora la tabla 19:

TABLA 19

FRECUENCIA DE PROBLEMAS EN IMPRESIÓN

Problemas	Frecuencia	%	Acumulado
Problemas para ajustar colores	10	33,3%	33,3%
Problemas en fotopolímeros	6	20,0%	53,3%
Betas en la impresión	3	10,0%	63,3%
Ganancia de Puntos	3	10,0%	73,3%
Control de Tensiones	3	10,0%	83,3%
Fallas de Alineador	1	3,3%	86,7%
Anilox tapado	1	3,3%	90,0%
Desregistro	1	3,3%	93,3%
Ajuste de Presiones	1	3,3%	96,7%
Material Repisado	1	3,3%	100%
TOTAL	30		

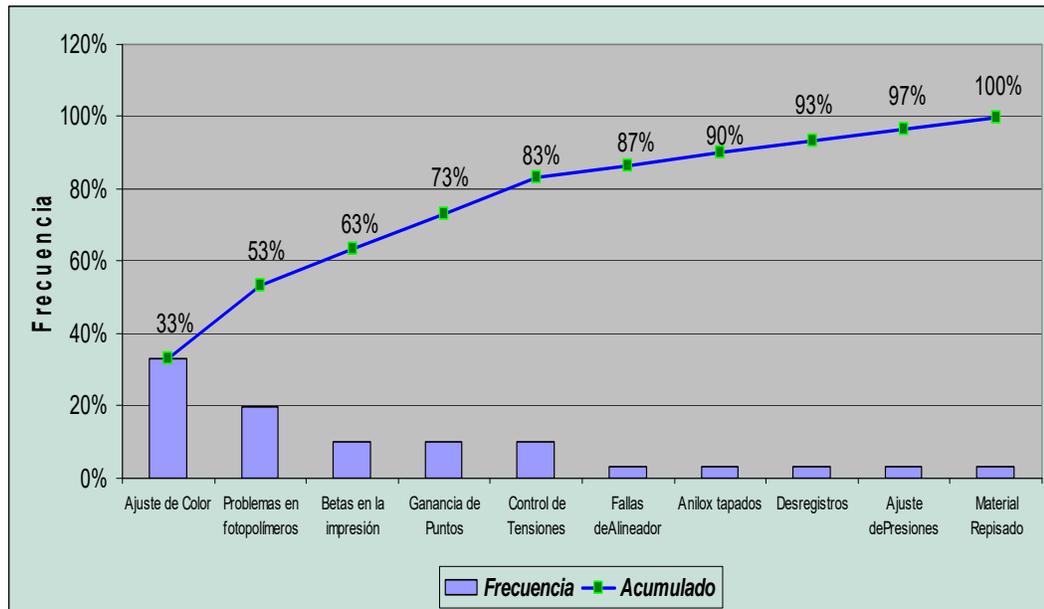


FIGURA 5.1. PRIORIZACIÓN DE PROBLEMAS EN IMPRESIÓN

En la figura 5.1 se observan los problemas más frecuentes en el área de impresión, de los cuales se analizará por decisión de la dirección, aquellos problemas que representen el 73% del total.

Los problemas que se analizarán a continuación para determinar sus causas son:

- Problemas para ajustar colores en aprobaciones y puesta en marcha
- Problemas en fotopolímeros
- Betas en la impresión
- Ganancias de Puntos

Análisis de las Causas de los Principales Problemas

Ajustes de Color

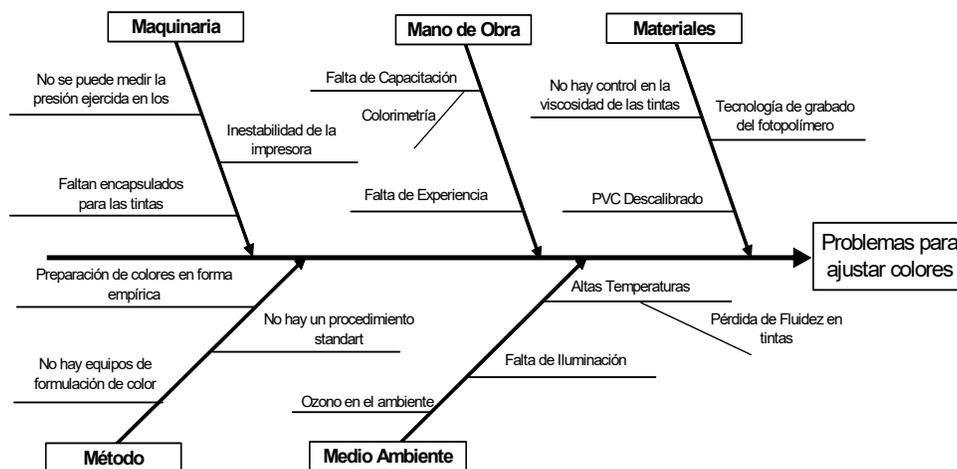


FIGURA 5.2. ANÁLISIS DE CAUSAS DE AJUSTE DE COLOR

Problemas en fotorolímicos

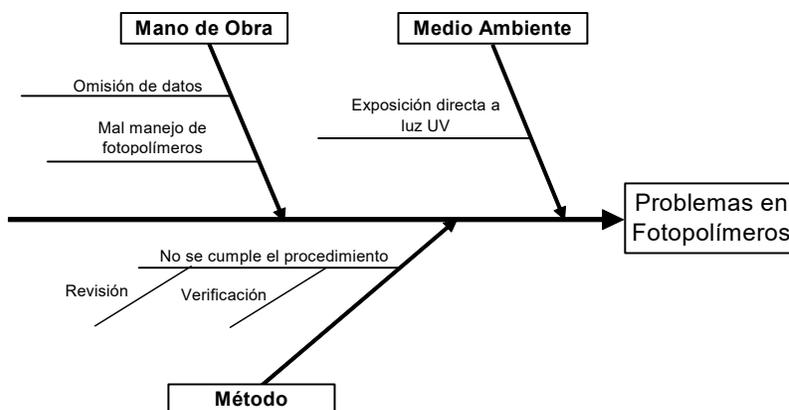


FIGURA 5.3. ANÁLISIS DE CAUSAS DE PROBLEMAS EN FOTOPOLÍMEROS

Betas en Impresión

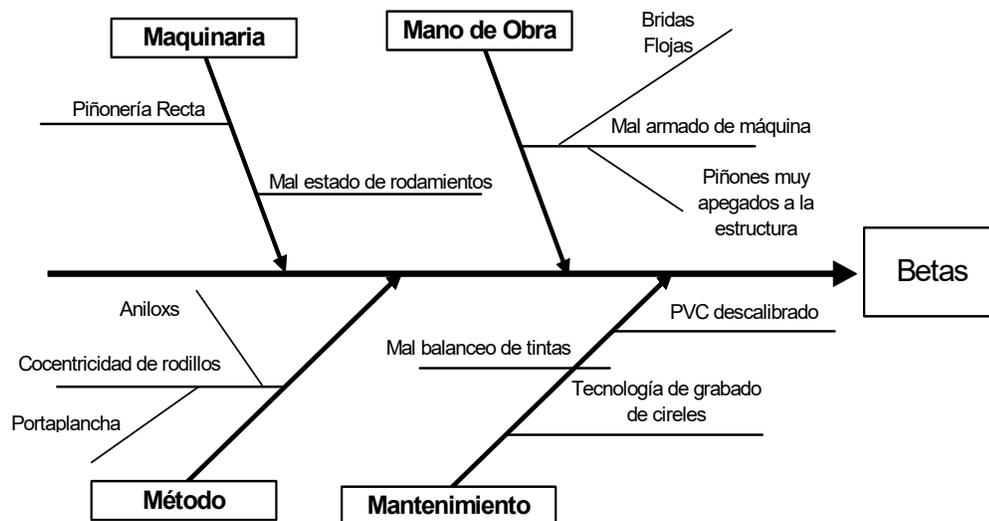


FIGURA 5.4. ANÁLISIS DE CAUSAS DE BETAS

Ganancias de Puntos

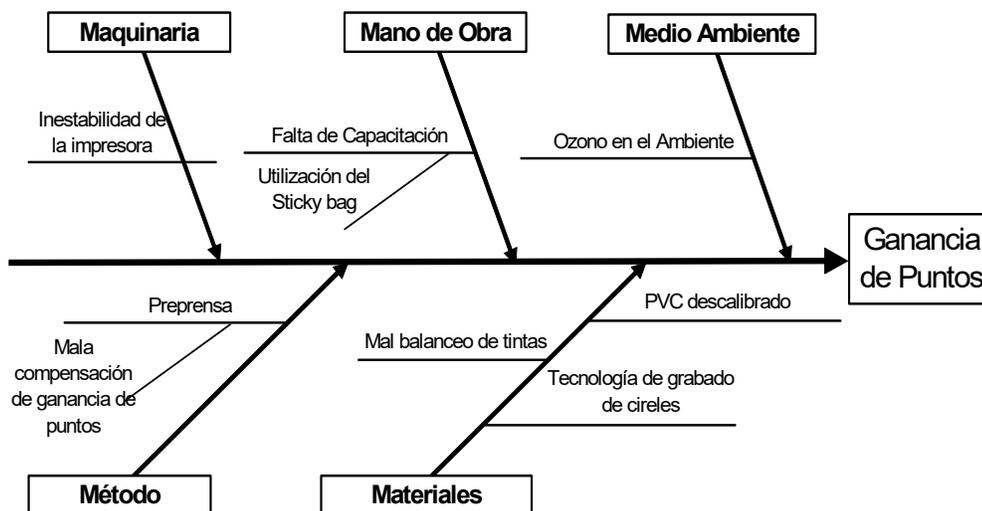


FIGURA 5.5. ANÁLISIS DE CAUSAS DE GANANCIA DE PUNTOS

Flujo de Materiales y Distribución de planta

Analizar el flujo de materiales ayudará a eliminar movimientos innecesarios y a agilizar el proceso productivo de toda la planta.

La tabla 20 presenta las distancias que recorre el producto en el proceso productivo. Ver Anexo C

TABLA 20

DISTANCIAS RECORRIDAS POR EL PRODUCTO

Materiales	Distancia Recorrida
Materia Prima	183,35 m
Productos en Proceso	103,75 m
Productos Terminados	43,55 m
TOTAL	330,65 m

5.2. Planteamiento de Opciones de Mejoras

En la tabla 21 se hace una recopilación de los principales problemas que afectan al proceso productivo, se seleccionan las principales causas y se proponen las técnicas de Manufactura Esbelta más adecuadas para dar solución al problema planteado.

TABLA 21

**TÉCNICAS DE MANUFACTURA ESBELTA PARA LOS PROBLEMAS
PLANTEADOS**

PROBLEMAS	CAUSAS	POSIBLES SOLUCIONES
Demoras por ajustes de color en aprobaciones y puesta en marcha	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Preparación de colores en forma empírica ▪ Falta capacitación ▪ No hay control en la viscosidad de tintas ▪ No hay un procedimiento estándar para cambio de productos ▪ No hay equipos de formulación de color. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Trabajo en Equipo (Método Kaizen Blitz) ▪ Intercambio Rápido (SMED) ▪ 5 S
Problemas en Fotopolímeros	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No hay una adecuada revisión y verificación de artes y fotopolímeros ▪ Mal manejo y almacenamiento de fotopolímeros 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificación del proceso (Jidoka)
Betas en la impresión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No se corrige la centricidad de rodillos portaplanchas y anilox. ▪ En el armado de máquina las bridas quedan flojas y los piñones muy cerca de la estructura. ▪ Mal estado de rodamientos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ TPM ▪ Trabajo en Equipo (Método Kaizen Blitz)
Ganancia de Puntos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mal uso del Sticky bag ▪ Mala preprensa ▪ Tecnología de grabado de cireles. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Trabajo en Equipo (Método Kaizen Blitz)
La materia prima recorre largas distancias	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mala distribución de planta 	Layout de Planta

5.3. Selección de Opciones de Mejoras

Para la selección de las opciones de mejoras se analiza el impacto y la factibilidad de cada propuesta mediante una matriz de priorización.

El análisis del impacto en la mejora y la factibilidad se lo realizará haciendo una ponderación de los elementos de evaluación mostrados en la tabla 22 y 23 respectivamente.

TABLA 22

FACTORES DE ANÁLISIS EN IMPACTO A LA MEJORA

IMPACTO EN LA MEJORA	Ponderación
	0% - 100%
Disminución de los errores	25%
Disminución de los tiempos improductivos	20%
Disminución de productos defectuosos	15%
Disminución de los costos	10%
Disminución del inventario	10%
Incremento en el nivel del servicio	5%
Disminución de los reprocesos	5%
Disminución de los reclamos	5%
Disminución del tiempo de entrega	5%
TOTAL	100%

TABLA 23

FACTORES DE ANÁLISIS EN LA FACTIBILIDAD

FACTIBILIDAD	Ponderación
	0% - 100%
Monto de la inversión	25%
Grado de dificultad en la implementación	20%
Compromiso con el cambio propuesto	20%
Disponibilidad de poder (extensión del proyecto)	15%
Uso de tecnología	10%
Nivel de los participantes	10%
TOTAL	100%

Trabajo en equipo (Método Kaizen Blitz)

TABLA 24

IMPACTO EN LA MEJORA DEL TRABAJO EN EQUIPO

IMPACTO EN LA MEJORA	Ponderación	Calificación	
	0% - 100%	0-10	
Disminución de los errores	25%	9	2,25
Disminución de los tiempos improductivos	20%	8	1,6
Disminución de productos defectuosos	15%	8	1,2
Disminución de los costos	10%	6	0,6
Disminución del inventario	10%	2	0,2
Incremento en el nivel del servicio	5%	7	0,35
Disminución de los reprocesos	5%	8	0,4
Disminución de los reclamos	5%	7	0,35
Disminución del tiempo de entrega	5%	5	0,25
TOTAL	100%		7,2

TABLA 25

FACTIBILIDAD DEL TRABAJO EN EQUIPO

	Ponderación	Calificación	
FACTIBILIDAD	0% - 100%	0-10	
Monto de la inversión	25%	8	2
Grado de dificultad en la implementación	20%	9	1,8
Compromiso con el cambio propuesto	20%	7	1,4
Disponibilidad de poder (extensión del proyecto)	15%	7	1,05
Uso de tecnología	10%	5	0,5
Nivel de los participantes	10%	8	0,8
TOTAL	100%		7,55

Intercambio rápido (SMED)

TABLA 26

IMPACTO EN LA MEJORA DE SMED

	Ponderación	Calificación	
IMPACTO EN LA MEJORA	0% - 100%	0-10	
Disminución de los errores	25%	5	1,25
Disminución de los tiempos improductivos	20%	10	2
Disminución de productos defectuosos	15%	2	0,3
Disminución de los costos	10%	8	0,8
Disminución del inventario	10%	2	0,2
Incremento en el nivel del servicio	5%	4	0,2
Disminución de los reprocesos	5%	2	0,1
Disminución de los reclamos	5%	2	0,1
Disminución del tiempo de entrega	5%	8	0,4
TOTAL	100%		5,35

TABLA 27

FACTIBILIDAD DE SMED

	Ponderación	Calificación	
FACTIBILIDAD	0% - 100%	0-10	
Monto de la inversión	25%	9	2,25
Grado de dificultad en la implementación	20%	9	1,8
Compromiso con el cambio propuesto	20%	7	1,4
Disponibilidad de poder (extensión del proyecto)	15%	6	0,9
Uso de tecnología	10%	8	0,8
Nivel de los participantes	10%	8	0,8
TOTAL	100%		7,95

5 S

TABLA 28

IMPACTO EN LA MEJORA DE 5 S

	Ponderación	Calificación	
IMPACTO EN LA MEJORA	0% - 100%	0-10	
Disminución de los errores	25%	5	1,25
Disminución de los tiempos improductivos	20%	8	1,6
Disminución de productos defectuosos	15%	4	0,6
Disminución de los costos	10%	2	0,2
Disminución del inventario	10%	2	0,2
Incremento en el nivel del servicio	5%	2	0,1
Disminución de los reprocesos	5%	2	0,1
Disminución de los reclamos	5%	2	0,1
Disminución del tiempo de entrega	5%	2	0,1
TOTAL	100%		4,25

TABLA 29

FACTIBILIDAD DE 5 S

	Ponderación	Calificación	
FACTIBILIDAD	0% - 100%	0-10	
Monto de la inversión	25%	9	2,25
Grado de dificultad en la implementación	20%	8	1,6
Compromiso con el cambio propuesto	20%	6	1,2
Disponibilidad de poder (extensión del proyecto)	15%	5	0,75
Uso de tecnología	10%	7	0,7
Nivel de los participantes	10%	7	0,7
TOTAL	100%		7,2

Verificación del Proceso

TABLA 30

IMPACTO EN LA MEJORA DE VERIFICACIÓN DEL PROCESO

	Ponderación	Calificación	
IMPACTO EN LA MEJORA	0% - 100%	0-10	
Disminución de los errores	25%	10	2,5
Disminución de los tiempos improductivos	20%	2	0,4
Disminución de productos defectuosos	15%	9	1,35
Disminución de los costos	10%	7	0,7
Disminución del inventario	10%	7	0,7
Incremento en el nivel del servicio	5%	2	0,1
Disminución de los reprocesos	5%	8	0,4
Disminución de los reclamos	5%	4	0,2
Disminución del tiempo de entrega	5%	2	0,1
TOTAL	100%		6,45

TABLA 31

FACTIBILIDAD DE VERIFICACIÓN DEL PROCESO

	Ponderación		Calificación
FACTIBILIDAD	0% - 100%	0-10	
Monto de la inversión	25%	9	2,25
Grado de dificultad en la implementación	20%	8	1,6
Compromiso con el cambio propuesto	20%	6	1,2
Disponibilidad de poder (extensión del proyecto)	15%	5	0,75
Uso de tecnología	10%	8	0,8
Nivel de los participantes	10%	7	0,7
TOTAL	100%		7,3

Mantenimiento Productivo Total

TABLA 32

IMPACTO EN LA MEJORA DE TPM

	Ponderación		Calificación
IMPACTO EN LA MEJORA	0% - 100%	0-10	
Disminución de los errores	25%	2	0,5
Disminución de los tiempos improductivos	20%	9	1,8
Disminución de productos defectuosos	15%	7	1,05
Disminución de los costos	10%	2	0,2
Disminución del inventario	10%	2	0,2
Incremento en el nivel del servicio	5%	2	0,1
Disminución de los reprocesos	5%	5	0,25
Disminución de los reclamos	5%	6	0,3
Disminución del tiempo de entrega	5%	2	0,1
TOTAL	100%		4,5

TABLA 33

FACTIBILIDAD DE TPM

FACTIBILIDAD	Ponderación		Calificación
	0% - 100%	0-10	
Monto de la inversión	25%	7	1,75
Grado de dificultad en la implementación	20%	6	1,2
Compromiso con el cambio propuesto	20%	7	1,4
Disponibilidad de poder (extensión del proyecto)	15%	8	1,2
Uso de tecnología	10%	6	0,6
Nivel de los participantes	10%	6	0,6
TOTAL	100%		6,75

Distribución de Planta

TABLA 34

IMPACTO EN LA MEJORA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

IMPACTO EN LA MEJORA	Ponderación		Calificación
	0% - 100%	0-10	
Disminución de los errores	25%	4	1
Disminución de los tiempos improductivos	20%	10	2
Disminución de productos defectuosos	15%	4	0,6
Disminución de los costos	10%	8	0,8
Disminución del inventario	10%	2	0,2
Incremento en el nivel del servicio	5%	2	0,1
Disminución de los reprocesos	5%	2	0,1
Disminución de los reclamos	5%	2	0,1
Disminución del tiempo de entrega	5%	6	0,3
TOTAL	100%		5,2

TABLA 35

FACTIBILIDAD DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

FACTIBILIDAD	Ponderación		Calificación
	0% - 100%	0-10	
Monto de la inversión	25%	6	1,5
Grado de dificultad en la implementación	20%	6	1,2
Compromiso con el cambio propuesto	20%	8	1,6
Disponibilidad de poder (extensión del proyecto)	15%	8	1,2
Uso de tecnología	10%	8	0,8
Nivel de los participantes	10%	8	0,8
TOTAL	100%		7,1

En la tabla 36 se puede observar el resultado del análisis del impacto en la mejora y la factibilidad de cada método propuesto para solucionar los problemas planteados.

TABLA 36

RESUMEN DE MÉTODOS ANALIZADOS

	Impacto	Factibilidad	
TRABAJO EN EQUIPO	7,2	7,55	S1
INTERCAMBIO RÁPIDO (SMED)	5,35	7,95	S2
5 S	4,25	7,2	S3
VERIFICACIÓN DEL PROCESO	6,45	7,3	S4
TPM	4,5	6,75	S5
LAYOUT DE PLANTA	5,2	7,1	S6

Al colocar los resultados obtenidos en la matriz de priorización se obtiene la figura 5.6.

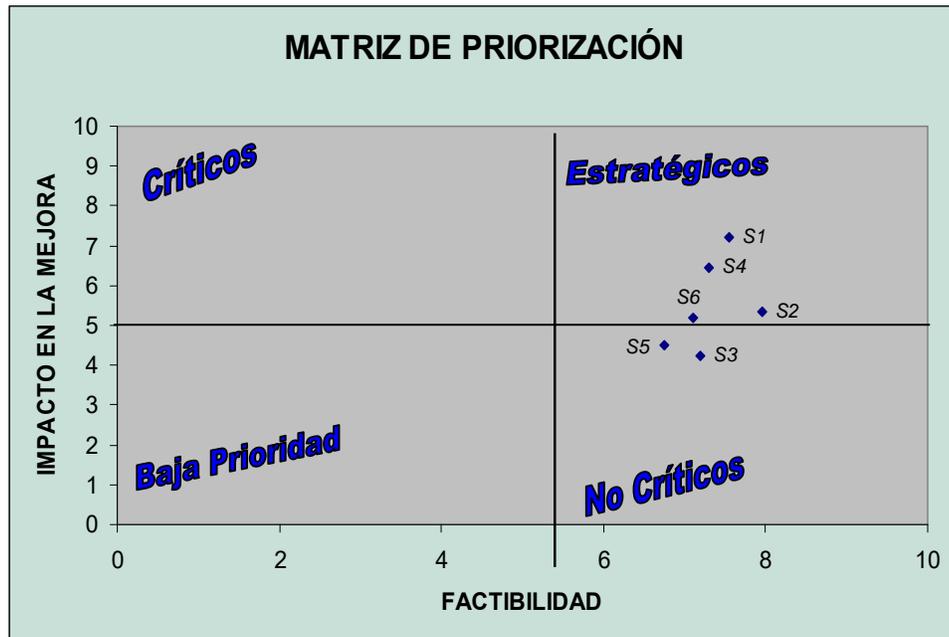


FIGURA 5.6. MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

En la figura 5.6 se puede observar que el proyecto de Mantenimiento Productivo Total (TPM) y 5S deben ser considerados como no críticos, aunque hay que tener en cuenta que son muy factibles para ser implementados.

Las técnicas de Manufactura Esbelta consideradas con alto impacto en la mejora y alta factibilidad son: Trabajo en Equipo (Kaizen Blitz), Intercambio Rápido (SMED), Verificación del Proceso (JIDOCA), Distribución de Planta (LOYOUT).

5.4. Plan de Mejoras

Para llevar a cabo la implementación de las técnicas de Manufactura Esbelta seleccionadas se elabora un plan donde se determinan las actividades de cada acción de mejora, el responsable de la ejecución de cada acción, las fechas planificadas de realización de las tareas, los recursos que se necesitan y los beneficios que se esperan obtener de la implementación de la acción como se muestra en el Anexo A.

Se plantea también un cronograma de actividades de las actividades planteadas para su seguimiento, Anexo B.

5.5. Análisis Costo Beneficio

Para realizar el análisis de los costos del proyecto, se tomará en consideración el tiempo de 6 meses en que se planificó su implementación.

Los beneficios esperados se analizarán en un periodo de tiempo de 1 año de acuerdo a la decisión de la gerencia.

Costos

Entre los costos de operación que se van a tomar en consideración se encuentran los siguientes:

Honorarios del experto en Manufactura Esbelta.- Para la ejecución del proyecto es necesario contar con la asesoría y capacitación de un experto que instruya al personal y guíe al cumplimiento de las metas trazadas.

De acuerdo al cronograma de actividades planteado, se planificarán 5 semanas de capacitación a todas las personas que participarán en el proyecto.

En las tablas 37 y 38 se establecen el número de participante en el proyecto y las horas de capacitación que se requerirán para cada técnica de Manufactura Esbelta.

TABLA 37

PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

Personal a capacitar	Número de personas
Operarios	34
Supervisores	3
Coordinador de proyecto	1
Jefe de Producción	1
Jefe de Impresión	1
Jefe de Mantenimiento	1
Total de Personas	41

TABLA 38

TIEMPO DE CAPACITACIÓN

Herramienta	Horas de capacitación
Manufactura Esbelta	4
Equipos de Trabajo	4
Verificación del Proceso	4
SMED	8
Distribución de Planta	8
Total de Horas	28

Se establece un costo de \$ 120 por hora de capacitación en técnicas de Manufactura Lean, teniendo como resultado \$ 3.360 en las 28 horas de capacitación.

Las capacitaciones se las dictará al inicio de la implementación de cada herramienta analizada y se solicitará además la asesoría técnica del experto durante el proyecto. Para el seguimiento se destinarán 5 horas al mes, en las cuales el coordinador del proyecto se reunirá con el experto para revisar los avances obtenidos. Se destina un presupuesto de \$ 100 por hora de seguimiento, lo cual da como resultado \$ 500 al mes teniendo como resultado en los 5 meses de seguimiento \$ 2.500.

Si calculamos el costo de capacitación por persona, obtenemos:

$$\$ 3.360 / 41 \text{ personas} = \$ 81,95 \text{ por persona}$$

Y el costo por hora hombre capacitado

$\$ 81,95 / 28 \text{ hh} = \$ 2,93 \text{ hora hombre}$

Salario del coordinador de proyecto.- Se va a designar a una persona que esté al frente del proyecto, coordinando las actividades, dando seguimiento y evaluando los resultados.

Se establece un salario para el coordinador del proyecto de \$ 1.200 mensuales incluyendo los beneficios de ley.

Salario total $\$1.200 \times 6 \text{ meses} = \$ 7.200$

Difusión del proyecto en la compañía.- Es necesario que el personal de la compañía esté enterado de la ejecución del proyecto para que aporten con sus ideas y experiencias. La difusión se llevará a cabo mediante afiches, trípticos, folletos, etc.

Se establece un presupuesto de \$ 300 para la difusión del proyecto.

Materiales didácticos para capacitación.- Implementos que se utilizarán en la capacitación del personal como copias, cuadernos, etc.

El presupuesto destinado es \$ 200.

Se tomará en consideración como costos de inversión los siguientes:

Implementación de Equipos de Trabajo.- Para la estimación de costos en la formación de equipos de mejora continua se tomará como base la inversión realizada por UPR Ltda., una empresa colombiana de transformación de plásticos, en la ejecución de esta herramienta Lean.

Costo de implementación de equipo de mejora continua \$ 2.800

Implementación de SMED.- La implementación de SMED requerirá no sólo la eliminación de actividades innecesarias sino también la compra o construcción de dispositivos que permitan reducir el tiempo en los cambios de productos.

Se tomará como base la inversión realizada en el proceso de producción de flejes en una empresa metalmecánica, \$ 2.850

Implementación de Verificación del Proceso.- La verificación de los parámetros de calidad de los productos en la compañía, puede requerir la compra de equipos que permitan medir estas variables.

Se va a considerar el costo de algunos equipos que ayuden a la verificación de la calidad del producto en el proceso crítico, lo cual se muestra en la tabla 39.

TABLA 39

COSTO DE EQUIPOS DE VERIFICACIÓN

Equipo	Precio
X-rite (Equipo de medición de color)	\$ 6.400
Decodificador de Código de Barras	\$ 1.600
Costo total del equipo	\$ 8.000

Implementación de Distribución de Planta.- Costos que se generarán por la readecuación de las áreas de trabajo.

Se tomarán en consideración algunas propuestas planteadas por la jefatura de producción para mejorar el flujo de materiales, personas e información.

En la tabla 40 se detallan los costos que se generarán en las adecuaciones planteadas, según proforma del maestro de obra de la compañía.

TABLA 40

COSTOS DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

Construcción de entrada de la bodega por fuera de la planta	\$ 200
Cambiar acceso al comedor	\$ 1.000
Mover impresoras	\$ 1.000
Ampliación de bodega de productos terminados	\$ 800
Cambio de oficina de producción	\$ 1.500
Reubicación de baños	\$ 3.000
Cambio de bodega de repuestos	\$ 500
Costo Total	\$ 8.000

Beneficios

Para el cálculo de los beneficios generados con la implementación de las técnicas de Manufactura Esbelta se va a tomar como referencia los datos de los logros obtenidos por L&L- Productivity en plantas colombianas (López, Libardo. 2006).

- Reducción de tiempos de cambio de productos en un 50%
- Reducción de desperdicios 60%

Para el análisis Costo - Beneficio se va a tomar la decisión de ser conservadores y se establecerá como beneficios esperados:

- Reducción de tiempos de cambio de productos en un 25%
- Reducción de desperdicios 30%

Reducción de tiempos de cambio de productos en un 25%.-

El beneficio esperado por la aplicación de SMED, resulta de calcular los ingresos adicionales que se obtendrán al producir en el 25% del tiempo que se ahorra en el cambio de productos en el proceso de impresión.

Para el cálculo del tiempo de cambio de productos, se toman los datos de un estudio de tiempos realizado en la empresa en mayo del 2007.

TABLA 41

CÁLCULO DEL BENEFICIO DE APLICACIÓN DE SMED

Tiempo promedio de cambios	3	horas
Número de cambios por día	2	cambios
Total de cambios (1 año)	720	cambios
Tiempo total de cambio	2.160	horas
Ahorro debido a SMED	540	horas
Producción promedio impresora	11,45	kilo/hora
Producción Total	6.183	Kilos
Precio de 1 kilo de etiquetas de PVC	\$ 20,25	
<i>Ingreso Esperado</i>	\$ 125.205,75	
Costo Esperado	\$93.904,31	
<i>Utilidad Esperada</i>	\$31.304,44	

Reducción de desperdicios 30%.-

Para determinar este valor se tomará el 30% del costo del desperdicio total analizado en la Figura 4.11, debido a que este sería el ahorro generado en 6 meses y se lo multiplicaría por 2 para obtener el dato aproximado de un año.

Costo total del desperdicio \$25.346.

Ahorro del 30% en 6 meses \$ 7.604

Ahorro del 30% en 1 año \$ 15.208

Reducción del 30% de las distancias que recorre el personal y los materiales.-

Este valor resulta de calcular los ingresos adicionales que se obtendrán al producir en el tiempo que estaba destinado a trasladar los materiales y el personal.

TABLA 42

CÁLCULO DEL BENEFICIO DE APLICACIÓN DE

DISTRIBUCIÓN

DE PLANTA

Recorrido actual	330,65	metros
Reducción del 30%	99,20	metros
Velocidad promedio de traslado de 1 un lote	30	m/min
Tiempo ahorrado de 1 unidad en todo el recorrido	3,31	min
Total de Kilos producidos	8.2197,62	Kg
Peso promedio de lotes	40	Kg
Número de Lotes transportados	2.054,94	unidades
Tiempo ahorrado en el traslado de toda la producción	6.794,66	min
Tiempo ahorrado en el traslado de toda la producción	113,24	h
Producción promedio impresora	11,45	Kg/h
Producción Total	1296,65	Kg
Precio de 1 kilo de etiquetas de PVC	\$ 20,25	
<i>Ingreso Esperado</i>	\$ 26.262,30	
Costo Esperado	\$ 19.696,73	
<i>Utilidad Esperada</i>	\$ 6.565,58	

El resumen de los costos y los beneficios esperados se registran en la tabla 43.

TABLA 43

ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	
Costos de Operación	Monto (USD)
Honorarios de Experto en Manufactura Esbelta	\$ 3.360
Seguimiento del proyecto	\$ 2.500
Salario del Coordinador de proyecto Lean (6 meses)	\$ 7.200
Difusión del proyecto en la compañía	\$ 300
Materiales didácticos para capacitación	\$ 200
Costos de Inversión	
Implementación de Equipos de Trabajo	\$ 2.800
Implementación de SMED	\$ 2.800
Implementación de Verificación del Proceso	\$ 8.000
Implementación de Distribución de Planta	\$ 8.000
COSTO TOTAL	\$ 35.160
Beneficios	
Reducción de tiempos de cambio de productos en un 25%	\$ 31.304,44
Reducción del costo del desperdicio en 30%	\$ 15.208
Reducción del 30% de las distancias que recorre el personal y los materiales	\$ 6.565,58
BENEFICIO BRUTO	\$ 53.078,02
- Bono del 10% para los trabajadores	\$ 5.308
BENEFICIO NETO	\$ 47.770.02

Se puede observar en la tabla 5.25 que el costo de implementación es de \$ 35.160 y los beneficios esperados \$ 47.770.02 por lo cual el proyecto se pagaría al primer año de ser implementado.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. De las líneas de producto de la empresa, se selecciona la línea de etiquetas termoencogibles de PVC en base a los ingresos generados y el elevado costo de sus desperdicios.
2. Se analizan los indicadores de volumen de producción, capacidad, eficiencia y costo del desperdicio en los procesos para la fabricación de etiquetas termoencogibles de PVC. Se selecciona al proceso de impresión para ser considerado como el proceso crítico.

3. En el análisis del proceso crítico se identifican los principales problemas que generan desperdicios: ajustes de color en aprobaciones, betas en la impresión, problemas en fotopolímeros y ganancias de puntos. Estos problemas generan el 73% de los desperdicios.
4. Las principales causas por las que se producen los problemas mencionados son porque no existe una adecuada revisión y verificación en el proceso productivo, no hay un procedimiento establecido que defina las operaciones en los cambios de productos y una inadecuada distribución de planta que genera pérdidas de tiempo.
5. Se proponen varias técnicas de Manufactura Esbelta que puedan dar solución a los problemas planteados y mediante una matriz de priorización se seleccionan: SMED, Verificación en el proceso, Trabajo en equipo y Distribución de planta.
6. Las técnicas de Manufactura Esbelta seleccionadas van a permitir la reducción de tiempos de cambio de productos, desperdicios en el proceso productivo y de las distancias que recorre el personal y los materiales.

7. Se debe realizar un análisis global entre los procesos productivos en la empresa debido a que las causas de algunos problemas no se generan en un proceso puntual sino que van surgiendo de un proceso otro.

8. El análisis Costo-Beneficio demuestra que es conveniente la implementación de las técnicas seleccionadas, con un el costo de implementación es de \$35.160 y los beneficios esperados \$ 47.770.02 por lo cual el proyecto se pagaría al primer año de ser implementado.

Recomendaciones

1. Para lograr una exitosa implementación del proyecto es indispensable el compromiso de la dirección de la compañía dando apoyo en las actividades de seguimiento y aportando con los recursos necesarios, así como el compromiso de la gente participando con ideas al proceso de mejoramiento continuo.
2. Resulta necesario que el experto encargado de la capacitación y la asesoría haga una revisión del plan propuesto con el objetivo de validar cada una de las actividades a seguir y el tiempo programado.
3. El coordinador del proyecto debe dar apoyo a todos los grupos de trabajo, revisar el cumplimiento de las actividades planteadas y dar retroalimentación al resto de trabajadores.
4. En la formación de los equipos de trabajo es indispensable seleccionar al mejor personal operativo porque de los proyectos a ser implementados depende el éxito del proceso de mejora.

5. Es importante revisar los objetivos planteados al terminar un proyecto de mejora, con la finalidad de verificar si cumplieron los objetivos y para replantearse objetivos cada vez más ambiciosos.
6. Después de la capacitación inicial, se deben programar capacitaciones internas con la finalidad de que se propicie el avance en el proyecto.
7. Cada uno de los proyectos planteados puede ser tomado como tema para futuras tesis.
8. Para los futuros proyectos se deben ajustar los valores iniciales de los Costos y Beneficios que se plantean en este estudio.
9. La metodología implementada y las herramientas propuestas pueden ser ejecutadas en otras áreas en empresa con el objetivo de avanzar en el proceso de mejora continua y la reducción de desperdicios.
10. Los criterios de evaluación utilizados en la matriz de priorización deben ser establecidos como variables para la selección de

proyectos de mejoras con la finalidad de evaluar el impacto en la mejora y la factibilidad.

APÉNDICES

ANPÉNDICE A

Acciones de Mejora	Tareas a desarrollar	Responsable	Fecha de Inicio	Fecha de Finalización	Recursos Necesarios	Beneficios Esperados
1.- Revisar Objetivos	a) Revisión de los objetivos. Definición de objetivos cuantificables. b) Revisión del plan de mejoras propuesto. c) Difusión de los objetivos y del plan de mejoras	Coordinador del proyecto Lean.	Febrero 2008	Febrero 2008	Recurso económico para la difusión en soporte impreso e informático.	Mejorar la visión global del proyecto
2.- Capacitación al personal sobre técnicas Lean	a) Contratar a un experto en técnicas Lean. b) Seleccionar a las personas que participarán en el proyecto. c) Capacitación en técnicas Lean planteadas.	Jefe de Recursos Humanos.	Marzo 2008	Junio 2008	a) Recurso Económico para contratar experto. b) Espacio físico para capacitación y materiales didácticos c) Contratar personal con habilidades.	Los empleados conocerán técnicas de mejoramiento de procesos de producción
3.- Implementación de Trabajo en Equipo (Kaizen Blizt)	a) Formación del equipo de mejora continua con personal clave de la línea de producción. b) Capacitación multidisciplinaria de los procesos productivos. c) Elaboración de un plan	Jefe de Producción	Abril 2008	Junio 2008	a) Espacio físico para capacitación y materiales didácticos. b) Personal operativo c) Recursos Económicos para plan de incentivos	Reducción del tiempo Total de producción

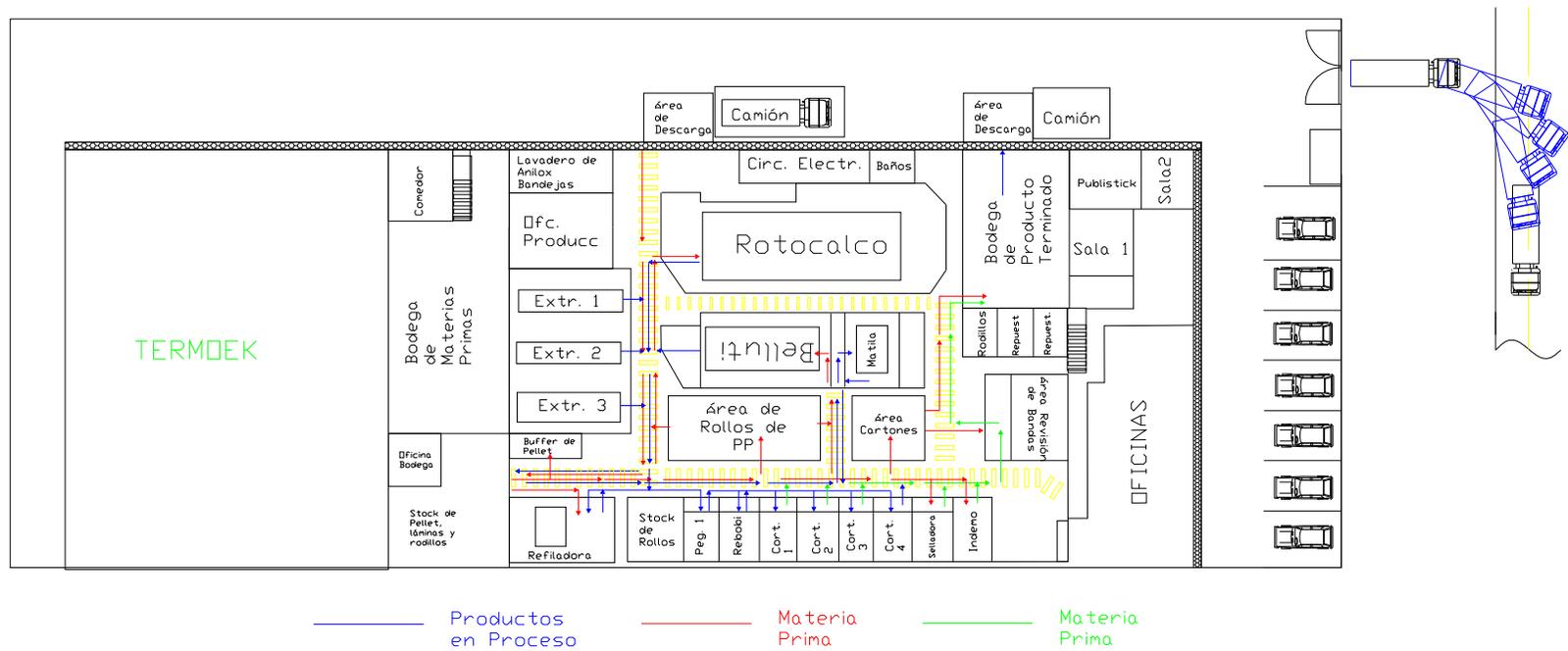
	de Acción de Mejora Continua. d) Implementación del Equipo de Trabajo. e) Evaluación de actividades realizadas.					
4.- Implementación de Verificación del Proceso)	a) Capacitación en Técnica Lean. b) Definir especificaciones de los productos. c) Revisión y organización de estándares de productos c) Desarrollar un sistema, una serie de mecanismos o un procedimiento que facilite la detección de anomalías en el proceso crítico. d) Implementación de lo mecanismos o procedimientos e) Evaluación de actividades realizadas y revisión de objetivos.	Coordinador de Calidad	Abril 2008	Junio 2008	a) Espacio físico para capacitación y materiales didácticos. b) Impresión de listas de verificaciones.	Controlar la calidad del producto en el proceso crítico, de tal forma que se impide el paso de unidades defectuosas al siguiente proceso.
5.- Implementación	a) Capacitación en Técnica Lean	Jefe de Impresión	Mayo 2008	Junio 2008	a) Espacio físico para capacitación y	Reducir tiempos de preparación

de Cambio Rápido (SMED)	<ul style="list-style-type: none"> b) Documentación de actividades del proceso crítico y tiempos de cambios. c) Análisis de la situación actual. d) Ideas de mejora e) Implementación de ideas propuestas. f) Evaluación de actividades realizadas y revisión de objetivos. g) Mantenimiento del cambio resultante. 				<p>materiales didácticos.</p> <ul style="list-style-type: none"> b) Recursos económicos para implementar ideas propuestas. 	en producción
6.- Implementación de Layout de Planta	<ul style="list-style-type: none"> a) Capacitación en Técnica Lean b) Revisión y evaluación de flujo actual de materiales. c) Elaborar matriz de relación de funciones. d) Diseño de propuesta de flujo de materiales. e) Análisis de diseño propuesto. f) Implementación de diseño propuesto. g) Evaluación de actividades realizadas 	Coordinador de proyecto Lean	Abril 2008	Julio 2008	<ul style="list-style-type: none"> a) Espacio físico para capacitación y materiales didácticos. b) Recursos económicos para reubicación de equipos y readecuación de instalaciones. 	Reducir distancias recorridas por los materiales y trabajadores.

PLANOS

PLANO 1

FLUJO ACTUAL DE MATERIALES



BIBLIOGRAFÍA

1. Abad Jorge, “Ingeniería de Métodos”, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, ESPOL, apuntes de clase, Octubre 1999.
2. Asociación de I Industria Navarra, “SMED”, CIA y CIA Communication, Noviembre 2003.
2. Barcia Kleber., “Producción Esbelta”, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, ESPOL, apuntes de clase, Octubre 2006.
3. Navarrete Angela, “Modelo de Aplicación de Herramientas de Manufactura Esbelta desde el Desarrollo y Mejoramiento de la Calidad en el Sistema de Producción de Americana de Colchones” (Tesis, Facultad de Ingeniería Carrera de Ingeniería Industrial, Pontificia Universidad Javeriana, 2004).
- 4.- Paredes Francisco, “Producción Esbelta: Gestión del Flujo de Valor” , Lean Manufacturing Center, www.lean-vision.com, 2005