



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**ANÁLISIS DE LAS ESTACIONES DE TRABAJO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE
ENVASES FLEXIBLES PARA LA REDUCCIÓN DEL PORCENTAJE DE MERMA**

Cesar Fernando Castillo Posadas

Asesorado por el Ing. Sergio Antonio Torres Méndez

Guatemala, septiembre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ANÁLISIS DE LAS ESTACIONES DE TRABAJO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ENVASES FLEXIBLES PARA LA REDUCCIÓN DEL PORCENTAJE DE MERMA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CESAR FERNANDO CASTILLO POSADAS

ASESORADO POR EL ING. SERGIO ANTONIO TORRES MÉNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA SEPTIEMBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Alvarado de León
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ANÁLISIS DE LAS ESTACIONES DE TRABAJO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ENVASES FLEXIBLES PARA LA REDUCCIÓN DEL PORCENTAJE DE MERMA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 25 de enero de 2017.



Cesar Fernando Castillo Posadas

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Guatemala, 07 de enero de 2019

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero
Juan José Peralta Dardón
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Peralta:

Por este medio me dirijo a usted, para informarle que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante **CESAR FERNANDO CASTILLO POSADAS**, con carné **201314739** y documento de identificación DPI **2716 37935 0108**, titulado **“ANÁLISIS DE LAS ESTACIONES DE TRABAJO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ENVASES FLEXIBLES PARA LA REDUCCIÓN DEL PORCENTAJE DE MERMA”**

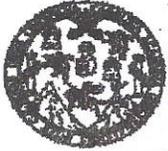
Después de leer y analizar los conceptos expuestos en este trabajo de graduación, y estando satisfecho en mi calidad de asesor, **LO DOY POR APROBADO**, para continuar con el trámite respectivo.

Sin otro particular, me suscribo

Atentamente,

Sergio Antonio Torres Méndez
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 2007
ASESOR





REF.REV.EMI.016.019

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ANÁLISIS DE LAS ESTACIONES DE TRABAJO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ENVASES FLEXIBLES PARA LA REDUCCIÓN DEL PORCENTAJE DE MERMA**, presentado por el estudiante universitario **Cesar Fernando Castillo Posadas**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Brenda Izabel Miranda Consuegra
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

*Brenda Izabel Miranda Consuegra
Ingeniera Industrial
Colegiada*

Guatemala, febrero de 2019.

/mgp



REF.DIR.EMI.134.019

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor **ANÁLISIS DE LAS ESTACIONES DE TRABAJO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ENVASES FLEXIBLES PARA LA REDUCCIÓN DEL PORCENTAJE DE MERMA**, presentado por el estudiante universitario **Cesar Fernando Castillo Posadas**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2019.

/mgp



La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS DE LAS ESTACIONES DE TRABAJO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ENVASES FLEXIBLES PARA LA REDUCCIÓN DEL PORCENTAJE DE MERMA**, presentado por el estudiante universitario: **Cesar Fernando Castillo Posadas**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, Septiembre de 2019

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por mostrarme su infinito amor y su infinita misericordia para conmigo y mi familia en todas las circunstancias de la vida.
Mi madre María	Por ser mi madre celestial e interceder por mí y mi familia, cuidarnos y guiarnos a Jesús.
Mi madre	Carmen Posadas por mostrarme su amor de madre para inspirarme en la vida.
Mis abuelos	Lizardo Posadas e Irma Rosado de Posadas por apoyarme en mi vida personal y profesional.
Mi hermana	Andrea Cabrera por ser un ejemplo en mi vida e inspirarme a siempre a luchar por mis sueños.
Mis tíos	Por tomar el rol de padres en los momentos necesarios e inspirarme a crecer como persona y profesional.
Compañeros de vida y amigos	Por formar parte de este logro por animarme en los momentos difíciles y por compartir momentos inolvidables.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios brindarme la educación profesional para mi superación.
Facultad de Ingeniería	Por brindar el espacio físico y los catedráticos para la consecución de este logro profesional.
Mis amigos de la Facultad	Porque creyeron en lo que hacía y por el apoyo durante el camino recorrido en la universidad.
Mi asesor	Ing. Sergio Torres por apoyarme con este trabajo y aconsejarme en la vida profesional y personal.
Sacos Agroindustriales	Por abrirme sus puertas y permitirme crecer personal y profesionalmente en sus instalaciones.

	1.2.2.1.	Moldeo por extrusión-soplado	10
	1.2.2.2.	Moldeo por inyección-soplado	10
1.3.		Tratamiento de desperdicios	10
	1.3.1.	Tipos de desperdicio	11
	1.3.1.1.	Desperdicio conocido	11
	1.3.1.2.	Desperdicio desconocido	11
	1.3.2.	Desperdicio global de la materia prima	12
	1.3.2.1.	Pérdidas dentro del proceso de producción.....	12
	1.3.2.2.	Pérdidas fuera del proceso de producción.....	13
2.		IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRITICOS PARA ANÁLISIS ESTADISTICO DEL PROCESO	15
2.1.		Incidencias en el proceso	15
2.2.		Puntos críticos.....	15
	2.2.1.	Análisis de proceso	15
	2.2.1.1.	Recepción de materia prima.....	16
	2.2.1.2.	Proceso de transformación de envases plásticos	17
	2.2.1.3.	Empaque	19
2.3.		Proceso de producción de envases	19
	2.3.1.	Materia prima.....	22
	2.3.2.	Peso de merma de cada presentación	22
	2.3.2.1.	Envases 1,5 lt.....	22
	2.3.2.2.	Envases 2,0 lt.....	23
	2.3.2.3.	Envases 2,5 lt.....	23
	2.3.2.4.	Envases 3,0 lt.....	24
	2.3.2.5.	Envases 355 ml.....	25

	2.3.2.6.	Envases 600 ml	26
2.3.3.		Porcentaje real de merma en proceso.....	26
	2.3.3.1.	Determinación de cantidad de envases por lote	27
	2.3.3.2.	Determinación de cantidad de merma por lote.....	27
	2.3.3.3.	Ingreso por merma de lote.....	28
2.3.4.		Costos relevantes de merma	29
	2.3.4.1.	Costo de oportunidad por lote.....	29
	2.3.4.2.	Costos en pérdidas de materia prima ..	30
	2.3.4.3.	Porcentaje de recuperación	31
		2.3.4.3.1. Porcentajes de recuperación de precio.....	32
2.4.		Análisis estadístico	33
	2.4.1.	Pesos generales de merma.....	33
		2.4.1.1. Línea 6.....	33
		2.4.1.2. Línea 8.....	34
	2.4.2.	Generalidades de análisis.....	35
3.		ANÁLISIS DE LAS CAUSAS QUE DAN LUGAR A LA EXISTENCIA DE MERMA	37
	3.1.	Determinación de causas	37
	3.2.	Herramientas de análisis	37
		3.2.1. Diagrama de árbol de problemas.....	37
		3.2.2. Diagrama de ISHIKAWA.....	39
		3.2.3. Diagrama de Pareto.....	40
		3.2.4. Diagrama de árbol de objetivos	41
	3.3.	Análisis de causas en proceso	42

3.3.1.	Análisis de los 5 por qué	43
3.3.2.	Determinación de causas primarias	44
3.3.3.	Gráfica de causas primarias	45
3.3.4.	VARIABLES PRINCIPALES DEL PROCESO	46
3.3.5.	Entrada de materia prima	46
3.3.6.	Soplado de botellas	47
3.3.7.	Transportadora	48
3.3.8.	Paletizadora	48
3.3.9.	Envolvedora	48
3.4.	Clasificación de mermas	48
3.4.1.	Críticas	50
3.4.2.	Mayores.....	50
3.4.3.	Menores	51
4.	ELABORACIÓN DE PROGRAMA PARA REDUCCIÓN DE MERMA.....	53
4.1.	Diseño de programa estandarizado	53
4.1.1.	Consigna de hornos	53
4.1.1.1.	Temperatura de hornos	53
4.1.1.1.1.	Distribución de lámparas en hornos de penetración	54
4.1.1.1.2.	Distribución de lámparas en hornos de distribución	54
4.1.2.	Consigna generales.....	55
4.1.2.1.	Temperatura de preforma.....	55
4.1.2.2.	Temperatura de carga	56
4.1.2.3.	Presión presoplado.....	57
4.1.2.4.	Presión soplado.....	57

	4.1.2.5.	Compensaciones	58
	4.1.2.6.	Cadencia	58
	4.1.3.	Tiempos en proceso	59
	4.1.3.1.	Presoplado.....	59
	4.1.3.2.	Soplado	60
	4.1.3.3.	Desgasificación.....	61
	4.1.4.	Posición angular	62
	4.1.4.1.	Bajada de tobera No. 1	62
	4.1.4.2.	Bajada de tobera No. 2.....	63
	4.1.4.3.	Subida de tobera No. 1	63
	4.1.4.4.	Subida de tobera No. 2.....	64
5.		PLAN DE CONTROLES.....	65
	5.1.	Implementación	65
	5.1.1.	Control de maquinaria	65
		5.1.1.1. Calibraciones	66
		5.1.1.1.1. Programa de mantenimientos	67
		5.1.1.2. Inventario de repuestos	69
	5.1.2.	Capacitación al personal	72
		5.1.2.1. Guías de recetas	73
	5.1.3.	Costos	74
		5.1.3.1. Insumos de mantenimiento de maquinaria.....	74
		5.1.3.2. Servicio de mantenimiento	75
		5.1.3.3. Capacitación personal operativo.....	76
	5.2.	Medición y evaluación de las mejoras	77
		5.2.1. Encuesta a personal	77
		5.2.2. Indicadores de producción.....	78

5.2.2.1.	Porcentaje de merma	78
5.2.2.2.	Productividad.....	81
CONCLUSIONES.....		85
RECOMENDACIONES.....		87
BIBLIOGRAFÍA.....		91
APÉNDICES.....		95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Encabezado y resumen diagrama de flujo de proceso.....	4
2.	Diagrama de flujo de proceso envases plásticos PET	5
3.	Equipo para cambio de moldes	9
4.	Proceso de fabricación de envases flexibles.....	16
5.	Diagrama de flujo de proceso	20
6.	Diagrama de árbol de problemas del alto porcentaje de merma	38
7.	Diagrama causa-efecto del alto porcentaje de merma	39
8.	Gráfica Pareto del proceso de fabricación de envases	41
9.	Diagrama árbol objetivos para reducir el porcentaje de merma	42
10.	Análisis de causas de los cinco por qué.....	43
11.	Gráfica de causas primarias del proceso de fabricación de envases...	45
12.	Clasificación de merma	49
13.	Programa de mantenimientos preventivos	68
14.	Propuesta del formato de validación de inventarios	70
15.	Costos fijos de servicio de mantenimiento	75
16.	Formato indicador porcentaje de merma.....	79
17.	Matriz para medir la productividad	82

TABLAS

I.	Peso de merma envase 1,5 lt	22
II.	Peso de merma envase 2,0 lt	23
III.	Peso de merma envase 2,5 lt	24
IV.	Peso de merma envase 3,0 lt	24
V.	Peso de merma envase 355 ml	25
VI.	Peso de merma envase 600 ml	26
VII.	Cantidad de envases por lote	27
VIII.	Porcentaje real de merma.....	28
IX.	Ingreso neto por merma.....	29
X.	Costo de oportunidad por lote.....	30
XI.	Costo de oportunidad por perdidas en MP	31
XII.	Recuperación del precio	32
XIII.	Peso de merma de línea 6.....	33
XIV.	Peso de merma línea 8.....	34
XV.	Parámetro de porcentaje de merma	35
XVI.	Peso real de merma línea 6.....	35
XVII.	Peso real de merma línea 8.....	36
XVIII.	Incidencias en el proceso de fabricación de envases	40
XIX.	Distribución de temperaturas en preforma.....	54
XX.	Temperatura de preformas	55
XXI.	Temperatura de carga de preformas	56
XXII.	Presión de presoplado en sistema.....	57
XXIII.	Presión de soplado en sistema.....	58
XXIV.	Ritmos de producción de sopladoras.....	59
XXV.	Tiempos de presoplado	60

XXVI.	Velocidad de soplado	60
XXVII.	Tiempo de desgasificación.....	61
XXVIII.	Bajada de tobera No. 1	62
XXIX.	Bajada de tobera No. 2	63
XXX.	Subida de tobera No. 1	64
XXXI.	Subida de tobera No. 2	64
XXXII.	Lista de actividades.....	73
XXXIII.	Costo unitario de insumos para mantenimiento	74
XXXIV.	Costo de capacitación guía de recetas	76

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
B/h	Botellas por hora
°	Grados
°C	Grados centígrados
G/cm³	Gramos por centímetros cúbicos
HDPE	High Density Polyethylene
H	Horas
Kg	Kilogramos
Lt	Litros
LDPE	Low Density Polyethylene
M.O.	Mano de Obra
M.P.	Materia Prima
ml	Mililitros
NC	No conforme
PVC	Policloruro de Vinilo
PS	Poliestireno
PP	Polipropileno
PET	Polyethylene Terephthalate
%	Porcentaje
Q	Quetzales
S	Segundos
S.F.	Sin fecha
BAR	Unidad de presión
Un	Unidades

GLOSARIO

Automatizar	Aplicar máquinas o procedimientos automáticos en la realización de un proceso o en una industria.
Compresión	Disminución del volumen por efecto de la presión.
Consigna	Orden que se da a los subordinados o que se transmite de unas personas a otras en una misión.
Desgasificación	Acción de desgasificar.
Fortuito	Que sucede inesperadamente o por causalidad.
Fundir	Convertir una sustancia sólida en líquida por la acción del calor especialmente un metal.
Hidráulica	Parte de la mecánica que estudia el equilibrio y el movimiento de los fluidos.
Inyección	Acción que consiste en introducir un líquido o un gas a presión en el interior de un cuerpo.
<i>Lead time</i>	Es un parámetro característico de una red logística que indica el tiempo de espera de una orden de compra desde que se coloca hasta que ingresa al destinatario.

Lote	Conjunto de cosas que tienen características comunes y que se agrupan con un fin determinado.
Merma	Disminución o reducción del volumen o la cantidad de una cosa.
Moldeo	Proceso mediante el cual se obtienen piezas echando materiales fundidos en un molde.
Ocio	Tiempo libre o descanso de las ocupaciones habituales.
Opalescencia	Cualidad de opalescente. Opaco.
Paletizar	Colocar las mercancías sobre paletas, especialmente de forma automática.
Pareto	Tipo especial de gráfico de barras donde los valores graficados están organizados de mayor a menor, para identificar los defectos que se producen con mayor frecuencia.
Parison	El parison es un tubo manguera o preforma de plástico que es extruido y obligado a pasar por un molde a tomar forma por medio de aire a presión.
Pellet	Combustible para calderas formado por cilindros hechos por la compresión de virutas, serrines y astillas, procedentes de restos de poda.

Poliiolefinas	Polímero obtenido mediante la polimerización de olefinas.
Preforma	Es la forma primaria para la fabricación de un envase.
Presurización	Se trata de la acción que se desarrolla para resguardar, en un cierto ámbito, las condiciones normales de presión atmosférica, aun cuando en el exterior dicha presión sea muy diferente.
<i>Set Up</i>	Tiempo que toma preparar las máquinas o ajustes de las mismas.
Soplado	Operación que consiste en soplar o inyectar aire en la pasta de vidrio fundido para modelarla.
<i>Stretch Film</i>	Es una película de plástico altamente elástica que se envuelve alrededor de los artículos. La recuperación elástica mantiene los artículos firmemente unidos.
Termoplasticidad	La propiedad de un material a deformarse sin rotura.
Tolva	Recipiente en forma de pirámide o cono invertido, con una abertura en su parte inferior, que sirve para hacer que su contenido pase poco a poco a otro lugar o recipiente de boca más estrecha.

Tracción

Fuerza o par de fuerzas que actúan axialmente en un cuerpo y tienden a alargarlo.

RESUMEN

El término desperdicio, es uno de los términos con más relevancia a nivel industria, es decir, es una variable significativa que afecta indiscutiblemente en los costos variables de las empresas. Las industrias dedicadas a la fabricación de envases flexibles, se enfocan de manera crítica en las variables que afectan en el proceso y generan desperdicio para enfocar sus actividades en el control de estas mismas variables y disminuir el porcentaje de desperdicio.

Gran parte de la industria que trabaja con resinas de plástico, pretenden controlar las variables para disminuir sus costos y aumentar sus ingresos, en teoría, los desperdicios en los procesos de producción no pueden eliminarse, solo reducirse. Es por ello que utilizan las técnicas y herramientas de ingeniería, siendo estos útiles para el control necesario. La función principal de estas herramientas es básicamente identificar las causas primarias y los efectos correspondientes para atacar el problema desde la raíz.

El desperdicio puede reducirse mediante el desarrollo de un plan de los controles necesarios para cada una de las estaciones de trabajo correspondientes, inicia con un análisis estadístico, que muestre la incidencia en los costos de la empresa y para finalizar encontrar los puntos críticos del proceso de fabricación de envases flexibles que generan merma (desperdicio) en el proceso.

OBJETIVOS

General

Analizar las causas que generan desperdicio en el proceso de fabricación de envases flexibles para la reducción del porcentaje de merma.

Específicos

1. Identificar los puntos críticos del proceso por medio del método de observación.
2. Realizar un análisis estadístico para determinar la incidencia que el porcentaje de merma genera en la empresa.
3. Distinguir las variables que afectan el proceso y dan lugar a la existencia de merma en los envases flexibles, basado en las 6M.
4. Categorizar las variables relacionadas a la merma por su incidencia como críticas, mayores o menores para tomar acciones correctivas.
5. Elaborar una planificación adecuada de los controles necesarios en cada uno de los puntos críticos.

INTRODUCCIÓN

La demanda de plástico a nivel mundial ha aumentado en las últimas dos décadas, su uso primordial es en empaques primarios y secundarios. Han sido promovidos por el consumo de países emergentes, que debido a sus costos y flexibilidad, han ganado mercado en los distintos países.

El presente informe se refiere al tema del desperdicio generado en el proceso de fabricación de envases flexibles de plástico, el sector industrial gestiona de manera continua reducir los porcentajes de desperdicio en los procesos productivos, para disminuir sus costos y hacer eficientes los procesos productivos.

En el primer capítulo se da a conocer el plástico como un concepto teórico y la clasificación de los distintos tipos de plásticos, para comenzar a describir el fundamento de un proceso de producción que se divide en la entrada, transformación y salida en el sistema productivo, así finalmente se detallan las posibles pérdidas dentro de un sistema productivo que generan un costo en la fabricación de un producto.

En el segundo capítulo se elabora un análisis estadístico, donde se analiza el proceso e identifican los puntos críticos del mismo como primer paso, para detallar el desperdicio generado de cada producto estudiado y hacer el análisis del producto que genera más desperdicio dentro del proceso productivo, como tema principal del capítulo, esto contribuye con la determinación de los costos de oportunidad generados por el desperdicio de producto y el tiempo invertido en la producción, para finalmente detallar las

generalidades del análisis de la generación de merma en función del producto total producido.

En el tercer capítulo, en función de los datos obtenidos del análisis estadístico, se utilizan las herramientas de ingeniería para el análisis de causas primarias en la generación de desperdicio y con base en las principales causas obtenidas, se definen las variables del proceso y se procede a definir una clasificación de desperdicio para enfocar los esfuerzos en esas causas.

En el cuarto capítulo, se hace enfoque en una de las causas principales que, se detallan en el análisis anterior y en función de los datos se realizan parámetros básicos a utilizarse en la maquinaria correspondiente, para obtener una disminución en el desperdicio generado dentro del proceso productivo y conseguir la disminución de los costos de fabricación.

Finalmente en el quinto y último capítulo, se proponen los controles necesarios para mitigar las principales causas que generan desperdicio en el proceso, se hace énfasis principalmente en la medición del porcentaje de merma, después de la implementación de los parámetros básicos y se propone un formato para el cálculo del indicador de productividad, que está relacionado con el desperdicio generado en el proceso.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Envases plásticos

En este capítulo se expone el enfoque teórico conceptual de los envases en función de la naturaleza del estudio.

1.1.1. Tipos de plástico

Los envases plásticos constituyen un pilar fundamental para el envasado de productos primarios y secundarios, utilizados actualmente en la industria.

1.1.1.1. PET

“El polietileno de tereftalato es un tipo de materia prima plástica derivada del petróleo, correspondiendo su fórmula a la de un poliéster aromático. Su denominación técnica es politereftalato de etileno. Empezó a ser utilizado como materia prima en fibras para la industria textil y la producción de films.”¹

1.1.1.2. HDPE

“El PE es resina que se encuentra englobado dentro del grupo de las poliolefinas. El HDPE contiene principalmente cadenas poliméricas lineales con algunas ramificaciones que ayudan al procesado del material. La densidad

¹ *Polímeros*, Textos científicos, <http://www.textoscientificos.com/polimeros/pet>. Consulta: 12 de noviembre de 2017.

varía entre 0,950 y 0,965g/cm³. Estos son utilizados comúnmente para bolsas para supermercado y recipientes para gaseosas.”²

1.1.1.3. V

Las siglas correctas para esta abreviatura son PVC, las cuales significan cloruro de polivinilo. “Se obtiene de la polimerización de cloruro de vinilo, tiene una inercia química particularmente grande y con incombustibles. Estos constituyen la categoría de plástico más empleado. Utilizado comúnmente para fabricar tuberías, cables, catéteres.”³

1.1.1.4. LDPE

Es un polímero altamente ramificado con cadenas de longitudes muy variables, pudiendo llegar estas a ser muy largas. La capacidad de cristalización del LDPE está bastante restringida y la densidad de este tipo de polietileno varía entre 0,910 y 0,925g/cm³. El LDPE se utiliza en la región centroamericana para el envasado de productos alimenticios, es decir, de productos primarios un ejemplo puntal es el empaque de azúcar.⁴

1.1.1.5. PP

“El polipropileno es un material que tiene alta resistencia y dureza, en partes gruesas adquiere rigidez y en partes delgadas es flexible, se pueden obtener cuerdas o roscados muy finos. En la industria, se utiliza para el

² REAL, Magali. *Preparación y caracterización térmica y mecánica de mezclas PET-reciclado / poliolfenas*. p.15.

³ KURZ, Gunter. *Cloruros de polivinilo. Programa de asesoría ASTIN. unidad de industria-calí*, p.3.

⁴ *Ibíd.*

envasado de productos como el concentrado, alimentos para animales, entre otros”⁵

1.1.1.6. PS

“El Poliestireno tiene bajo costo y mala calidad, puede recalentarse y moldearse sin variar, puede aplicarse a varios materiales según su uso, y tiene mayor fluidez en inyección y extrusión. Algunos materiales fabricados con PS pueden ser interiores para puertas de refrigeradoras, juguetes, gabinetes.”⁶

1.2. Proceso de fabricación de envases flexibles

Los envases flexibles pueden ser fabricados en su mayoría de tres materiales básicos, los cuales son metal, vidrio y plástico, el plástico es el más utilizado debido a su bajo costo y facilidad de manejo.

1.2.1. Descripción de proceso

El proceso de fabricación de envases es realizado en flujo constante, también es un proceso automatizado, solo es necesario el control de la maquinaria por medio del recurso humano.

1.2.1.1. Materia prima

La materia prima para la fabricación de envases plásticos es conocida como resina para plásticos, que viene en granos conocido como pellet de estas

⁵ CORNISH ALVAREZ, Maria. *ABC de los plásticos. Universidad Iberoamericana 1997.* p.27.

⁶ CORNISH ALVAREZ, Maria. *ABC de los plásticos. Universidad Iberoamericana 1997.* p.28.

resinas existen distintas aplicaciones para cada tipo de plásticos según se indica en el punto 1.1.1 de esta tesis.

El envase pet es un recipiente de plástico, inventado en estados unidos en el año 1974 y lanzado comercialmente en 1976, con pronta aceptación a nivel mundial. La materia prima para su fabricación es la resina, en presentación de granulados o chips, los cuales una vez secos, son sometidos a procesos de fundido, inyección y soplado para obtener un envase ligero, transparente, resistente, seguro, fácil de usar y transportar.⁷

1.2.1.2. Diagrama de flujo de proceso

Debido al bajo costo y la facilidad de manejo los envases para productos primarios es el plástico, se describe los principales procesos que se utilizan para la fabricación de envases plásticos.

Figura 1. Encabezado y resumen diagrama de flujo de proceso

Pag. 1 de 1



DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PET C.A.

	RESUMEN					
	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA	
	No.	TIEMPO	No.	TIEMPO	No.	TIEMPO
● OPERACIONES	10					
▶ TRANSPORTES	5					
■ INSPECCIONES	3					
○ DEMORAS	0					
▼ ALMACENAJES	2					
Distancia Recorrida		(m)		(m)		(m)

Nombre de la empresa: PET C.A.

Nombre del proceso: Elaboración de Botellas de PET

Hombre Material: Resina de PET

Inicia en: Zona de Recepción / Almacen de Materia Prima

Termina en: Almacen de Producto Terminado

Elab. por: Gerente Técnico Fecha: 18/03/2010

ANÁLISIS ACCIÓN

Fuente: LADERA HERNANDEZ, Juan. *Estudio técnico-económico para la instalación de una planta de soplado de envases pet.* p.15.

⁷ VICHIQUE TECALCO, Sergi. *Reciclaje de envases de plástico PET. un indicador de desarrollo sustentable. caso municipio de Atizapán, Zaragoza.* p. 47.

Figura 2. Diagrama de flujo de proceso envases plásticos PET

DESCRIPCIÓN DEL METODO	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; display: inline-block;"> ACTUAL </div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px; display: inline-block; margin-top: 2px;"> PROPUESTO </div>		Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenaje	Distancia (m)	Cantidad	Tiempo ()	¿Por que?				OBSERVACIONES	Eliminar	Combinar	cambio		
	Que es?	Donde es?									Cuando?	Quien?	Cómo?	Secuencia				Lugar	Personas	Mejorar
1.- Recepción de resina PET	●	□	⇒	□	□	▽									Super sacos de 1 Ton (1.000kg)					
2.- Inspección de materia prima	○	□	⇒	■	□	▽									Inspección visual, viscosidad intrínseca IV					
3.- Resina a almacen de materia prima	○	■	⇒	□	□	▽									En montacarga					
4.- Almacenado de resina PET	○	□	⇒	□	□	▽									3 sacos maximos por pilas					
5.- Resina PET a tova de secado	○	■	⇒	□	□	▽									En montacarga					
6.- Secado de resina PET	●	□	⇒	□	□	▽									Variables: tiempo, temperatura y % humedad					
7.- Inyección de resina PET	●	□	⇒	□	□	▽									Por presión, elaboración de las preformas					
8.- Inspección de preformas	○	□	⇒	■	□	▽									Inspección visual, dimensiones de rosca, punto de inyección, peso, IV, acetaldehido					
9.- Empaque de preformas	●	□	⇒	□	□	▽									En sacos (empaque temporal)					
10.- Preformas a sopladora	○	■	⇒	□	□	▽									En montacarga					
11.- Carga de preformas en sopladora	●	□	⇒	□	□	▽														
12.- Calentamiento de preformas	●	□	⇒	□	□	▽									Variables: tiempo, temperatura					
13.- Soplado	●	□	⇒	□	□	▽									Elaboración de botellas, variables: tiempo de ciclo, presión de soplado					
14.- Extracción de la botella	●	□	⇒	□	□	▽									Extracción automática					
15.- Inspección de botellas	○	□	⇒	■	□	▽									Inspección visual, volumen, peso, dimensiones, espesor de pared, resistencia a compresión, SC					
16.- Botellas a paletizadora	○	■	⇒	□	□	▽									En correa transportadora					
17.- Paletizado de botellas	●	□	⇒	□	□	▽									Carga unitaria de 640 botellas, de 10 camada de 64 botellas por camada					
18.- Empaque de paleta de botellas	●	□	⇒	□	□	▽									Empaque con película de plástico					
19.- Paleta de botellas a almacen PT	○	■	⇒	□	□	▽									En montacarga					
20.- Almacenado de producto terminado	○	□	⇒	□	□	▽									Numero de paletas por pilas en función de prueba de resistencia a compresión de botellas. FIN					

Fuente. LADERA HERNANDEZ Juan. *Estudio técnico-económico para la instalación de una planta de soplado de envases pet.* p.15.

1.2.1.3. Maquinaria

De acuerdo con cada tipo de polímero para la fabricación de envases flexibles se deben de emplear distintos procedimientos para la consecución del producto necesitado, son tres procesos fundamentales los que deben aplicarse, la extrusión, el soplado y la inyección, para cada uno de estos procesos se necesita maquinaria.

“De acuerdo con las misiones que debe cumplir, una extrusora debe de contar con un sistema de alimentación del material, un sistema de fusión-plastificación del mismo, el sistema de bombeo y presurización que habitualmente generará también un efecto de mezclado y finalmente el dispositivo para dar lugar al conformado del material fundido.”⁸

“Todas las máquinas utilizan el principio de extrusión de materia prima, es decir, utilizan una unidad extrusora y dependiendo de su función tendrán otros equipos que podrían llamarse auxiliares. En el caso de las máquinas de soplado a la salida del extrusor se tiene un equipo llamado cabezal Parison y otro llamado cabezal de soplado.”⁹

Esta máquina se utiliza básicamente cuando el envase será para contener líquidos, utilizando el tipo de plástico PET, la máquina mencionada tiene compuestos auxiliares que contribuyen a darle el estiramiento y forma necesaria para transformar la materia prima en un producto terminado.

“La inyectora es la encargada de recibir la materia prima (pellets de polímero) a temperatura ambiente, para plastificarla por medio de calentamiento

⁸ ANGUIA, Ramón. *Extrusión de plásticos*. p.33.

⁹ CUESTAS, Rolando. *Guía de la instalación y montaje de máquinas de soplado e inyección de plástico*. p.34.

y transportar la masa plastificada hasta la boquilla de inyección, mediante un movimiento de rotación y desplazamiento horizontal e inyectarla hacia el molde.”¹⁰

1.2.1.4. Preparación de recetas de maquinas

Los parámetros básicos para la fabricación de envases flexibles en un lenguaje operativo se conocen como recetas, éstas deben de estar estandarizadas para cada una de las líneas de envases flexibles

“La termoplasticidad común a la mayoría de los plásticos, puede presentar en sí misma, cierta peligrosidad. En efecto, las temperaturas bajas endurecen el material y lo hacen más frágil o quebradizo, mientras que las temperaturas elevadas originan un reblandecimiento acompañado de una disminución de la resistencia a los esfuerzos de compresión.”¹¹

Así como la temperatura, existe otra variable de alta importancia y es la presión de aire que debe de inyectarse en las máquinas para que el producto siga su flujo de proceso.

“Los materiales empleados para el proceso de soplado pertenecen a la familia de los termoplásticos. Esto se debe a que se necesita que el material tenga un comportamiento viscoso y se pueda deformar cuando tenga una temperatura determinada, pues de otra forma, la presión ejercida por el aire inyectado no podría expandir el material por la cavidad del molde.”¹²

¹⁰ CADENA, Cesar. *Diseño de una máquina inyectora de plástico*. p.70.

¹¹ TAMBORERO, Jorge. *Envases plásticos. condiciones generales de seguridad*. http://www.jmcprl.net/NTPs/@Datos/ntp_382.htm. Consulta: 12 de noviembre de 2017.

¹² Calderas del Norte. SA de CV. *Inspection and Insurance Co.* <http://www.calderasdelnorte.com>. Consulta: 12 de noviembre de 2017.

1.2.1.5. Ajustes y cambio de moldes en maquinaria

Cuando existen ajustes y cambio de piezas en la maquinaria es indispensable que la maquina no esté en funcionamiento, esto para asegurar la salud ocupacional de los operadores de máquina.

“El molde es la parte principal de la prensa de la máquina de inyección, se deben de considerar puntos de revisión críticos y de mantenimiento básico para el buen funcionamiento de los mismos. Aquí el entrenamiento, capacitación y experiencia es primordial, dándole la importancia de nuevo a la posición técnica del recurso humano.”¹³

Es un factor crítico para la optimización el mantenimiento preventivo que reciben las máquinas y los moldes utilizados en la fabricación de los productos. El mantenimiento de moldes parece ser uno de los factores claves para el correcto funcionamiento de las empresas de esta rama industrial, asimismo uno de los rubros que más recursos se le destina después del consumo de la electricidad y resinas. Algunos gerentes sugirieron que con una correcta planificación de la producción y un buen programa de mantenimiento de moldes las empresas de este sector suelen reducir costos y elevar su productividad.¹⁴

¹³ BIBIESCAS, Francisco. *Optimización de la productividad en la industria de los plásticos de la cd. Juarez.* p.2.

¹⁴ *Ibíd.*

Figura 3. **Equipo para cambio de moldes**

EQUIPO	HERRAMIENTAS	ACCESORIOS
Polipasto de 3 toneladas de capacidad.	Llaves allen de 1/8", 1/4", 1/2", 5/8" y 3/4".	Bridas de diferente grosor.
Troquel.	Llaves de cola y corona de 1 1/2", 1 3/4" y 2".	Argollas de 2 1/2" de diámetro.
Tarimas de madera.	Cangrejo de 1 1/2".	Tuercas hexagonales de 2".
	Nivel horizontal de 30 o 60 cm.	Abrazaderas de 3/4".
	Cinta métrica.	Mangueras óleo-hidráulicas.
	Lazo de polietileno de 1" de diámetro por 2 metros de largo.	Mangueras para agua de enfriamiento.

Fuente: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0355_MI.pdf. Consulta: 12 de noviembre de 2017.

1.2.2. Tipos de proceso

En la fabricación de envases flexibles se utiliza la técnica regular del soplado, existen dos subdivisiones principales: el moldeo por extrusión soplado y el moldeo por inyección soplado, ambas técnicas son utilizadas en la industria dependiendo del tipo de plástico a producir y de sus aplicaciones.

1.2.2.1. Moldeo por extrusión-soplado

“En el soplado por extrusión, un parison tubular caliente, se extruye de forma continua, las mitades del molde se cierran, lo que sella el extremo operativo del parison, luego se inyecta aire y el parison caliente se expande contra las paredes del molde, después de enfriar el producto es expulsado de la máquina.”¹⁵

1.2.2.2. Moldeo por inyección-soplado

El moldeo por inyección soplado puede producir con mayor precisión el espesor del material deseado en áreas específicas de una pieza, la principal ventaja de este tipo de moldeo es que cualquier forma con un grosor de pared variable puede hacerse exactamente igual cada vez. No hay chatarra de fondo para reprocesar, una desventaja importante es que se requieren dos moldes diferentes uno se usa para moldear la preforma y el otro para la operación de soplado real.¹⁶

1.3. Tratamiento de desperdicios

En la industria del plástico, con una mayor cantidad de materia prima, se puede producir una mayor cantidad de producto, pero es inevitable generar desperdicio debido a causas fortuitas o atribuibles debido a la maquinaria, mano

¹⁵ LOKERNSGARD, Erick. *Industrial plastics. theory and applications*. p.517.

¹⁶ *Ibíd.*

de obra, método y medio ambiente, una adecuada gestión de la desperdicio, indica un adecuado conocimiento sobre el producto que se realiza.

El desperdicio es producto del mal empleo o uso inadecuado de un recurso, el mal empleo de un recurso es responsabilidad directa de las personas, por lo tanto, se puede mejorar si se hace un esfuerzo en cambiar o readecuar los procesos, capacitar al personal y proporcionar los medios y recursos que permitan al personal el buen uso del recurso y por lo tanto, disminuir y en algunos casos eliminar el desperdicio.¹⁷

1.3.1. Tipos de desperdicio

Un control de desperdicios aumenta la eficiencia de la producción, esto debido a que los recursos son mejor aprovechados, existen dos distintos tipos de desperdicios los cuales se dan a conocer en esta sección.

1.3.1.1. Desperdicio conocido

“se define como todas las pérdidas de las cuales se conocen las causas que la provocan, lo que permite tomar acciones directas sobre estas y obtener resultados de forma rápida, minimizando y controlando su espacio.”¹⁸

1.3.1.2. Desperdicio desconocido

“Es toda aquella merma que no se le puede atribuir una causa y se tienen que realizar las investigaciones.”¹⁹

¹⁷ CORNISH, Maria. *ABC de los plásticos*, Universidad Iberoamericana 1997. p.111.

¹⁸ CELEMÍN, Carlos. *Medición del impacto del programa de merma ofrecido por Carrefour Colombia a los empleados de las diferentes áreas por medio del modelo de donal kirkpatrick*. p.18.

¹⁹ *Ibíd.*

Se debe de poner especial atención y llevar formatos establecidos para la consecución de las causas raíz del problema, para poder erradicar o mitigar cualquier situación que genere desperdicio desconocido y por lo tanto no afectar el costo de producción.

1.3.2. Desperdicio global de la materia prima

Un proceso de producción siempre inicia con materia prima, está es la base para que el sistema contenga una entrada, se convierta mediante un proceso productivo y se transforme en un producto terminado a la salida del sistema.

“Un proceso productivo hace uso de materias primas, máquinas, recursos naturales, mano de obra, tecnología y recursos financieros y genera como resultado productos (o servicios). Se puede entender que existen cuatro categorías de recursos: máquinas, materiales, mano de obra y métodos de trabajo llamadas 4 M's.”²⁰

Con relación a la presente investigación, se describen las pérdidas de materia prima que afectan de manera directa e indirecta el proceso de producción.

1.3.2.1. Pérdidas dentro del proceso de producción

“Este tipo de desperdicio en un proceso de manufactura se aprecia en el intervalo de tiempo, en el cual, el trabajo en proceso se encuentra en el área de manufactura, desde que ingresa como materia prima hasta que sale como

²⁰ PIEDRAFITA. Isabel. *Mejora de la productividad para una línea de envasado*. p. 21.

producto terminado. Y está representado por todos aquellos tiempos para los cuales no está siendo procesado el producto.”²¹

1.3.2.2. Pérdidas fuera del proceso de producción

Cuando existen características del producto que no giran dentro de las especificaciones del producto en sí, puede ocasionar, que el producto sea considerado como material de desecho, entonces todo el material de utilización de la maquinaria y los tiempos invertidos en su manufactura representen un desperdicio en el cual se incurrió o que el producto necesite ser re-trabajado y de esta manera la inversión adicional en tiempos, uso de maquinaria y material sea un desperdicio.²²

“Es importante destacar, que el desperdicio causado por defectos está ligado directamente con los sistemas de control de calidad.”²³

²¹ RAMOS G. José. *optimización de operaciones en la línea de producción para incrementar la productividad y disminuir el desperdicio*. p.12.

²² RAMOS G. José. *optimización de operaciones en la línea de producción para incrementar la productividad y disminuir el desperdicio*. p.13.

²³ *Ibid.*

2. IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRITICOS PARA ANÁLISIS ESTADISTICO DEL PROCESO

2.1. Incidencias en el proceso

En los procesos productivos, por lógica siempre existe un desperdicio asociado que será mayor a cero, la fabricación de envases plásticos debido a su proceso, en el que principalmente actúa el soplado y cambio de temperaturas, dan lugar a la generación de desperdicio y se deben de controlar de manera crítica, la clave está en fijar y asumir un porcentaje de desperdicio y poder medir la eficiencia del proceso.

2.2. Puntos críticos

La fabricación de envases flexibles es sumamente crítica, debido a que factores como medio ambiente, maquinaria, materia prima y métodos son puntos a controlar para asegurar la calidad del producto y disminuir el desperdicio conocido.

2.2.1. Análisis de proceso

En el proceso de fabricación de envases flexibles se ejecutan 8 procesos de fabricación básicos.

Figura 4. **Proceso de fabricación de envases flexibles**



Fuente: elaboración propia, empleando Smart Art 2013.

2.2.1.1. Recepción de materia prima

Almacén debe de disponer de información sobre los pedidos realizador por el departamento de compras hacia los proveedores, esta información debe de encontrarse en el software utilizado para la gestión, el personal de almacén deberá de verificar los papeles contra el producto físico, darle ingreso al sistema de gestión si estuviese todo bajo control y almacenarlo en los racks correspondientes, este proceso es indispensable para poder controlar las existencias desde el sistema de Gestión y tener confiabilidad de los inventarios.

Punto crítico

- Certificado de calidad: el aseguramiento de recepción de certificados de calidad, que avalen que el producto a recibir es producto conforme.

2.2.1.2. Proceso de transformación de envases plásticos

La materia prima es introducida a una jaula previo a ser trasladada a la tolva, en este proceso la jaula hidráulica se encarga de voltear la bolsa y deja caer toda la preforma en la tolva mencionada, entrando al proceso de producción en este punto, las preformas caen de una distancia aproximada de 2 metros de altitud.

Una vez la materia prima se ingresa en la tolva, ésta por medio de una banda, transporta la preforma que llega a un riel, donde la preforma se acomoda por medio de tubos giratorios y se introduce en la maquina Sidel SBO6, se acomodan para entrar a los hornos de penetración de la máquina, en él se calienta uniformemente el cuerpo de las botellas, la rosca de la botella pasa por un proceso de enfriamiento para no sufrir deformación, luego la preforma sube a los hornos de distribución en donde la temperatura de lámparas en cada punto de la preforma influye de manera significativa a lo largo de la botella soplada. Luego de esto por medio de tambores giratorios con 4 pinzas se ingresan a los moldes los cuales constan de tres procesos vitales:

- Presoplado: en esta parte del proceso la botella está en una temperatura de fusión, en donde se le inyecta una presión de aire menor a la necesaria para inflar la botella sin darle forma alguna.
- Estirado: en esta parte del proceso, baja una varilla en el centro de la botella para darle la altura necesaria, esta varilla debe estar calibrada correctamente para no que no toque ninguna parte de las paredes de la botella pre soplada.

- Soplado: en esta parte del proceso, se inyecta una presión de aire mucho mayor a la del pre soplado y así, se consigue la forma deseada de la botella, es importante saber que la temperatura de las paredes de los moldes debe de estar a una temperatura aproximada de 9 grados centígrados.

En la salida de la maquina sopladora, hay otro tambor que recibe la botella soplada, donde debe de enfriarse el fondo de la botella por medio de un flujo de agua a temperaturas debajo de 10 grados centígrados para no sufrir deformaciones. La botella es transportada hacia la etiquetadora, esta por medio de un tambor y un mecanismo neumático corta las etiquetas y las pega a las respectivas botellas y se envían a la paletizadora como producto terminado.

Puntos críticos

- Entrada a tolva: al caer la preforma de una manera no adecuada, de una distancia de 2 metros, puede dañarse la preforma y dar lugar a una botella soplada defectuosa que no cumpla con especificaciones.
- Hornos de distribución: las lámparas que conforman el horno deben de estar distribuidas de manera que favorezcan el presoplado estirado y soplado para cumplir con los estándares del producto terminado.
- Enfriamiento del molde: los moldes deben de estar a una temperatura de 9°C como máximo para conseguir la dureza necesaria de la superficie de la botella .

- Enfriamiento del fondo de la botella: El punto de inyección debe de ser enfriado al soplar la botella para que no sufra deformaciones y la botella mantenga equilibrio.

2.2.1.3. Empaque

La banda transportadora encargada de entregar el producto final, llega a la paletizadora y arma los distintos niveles de cada tarima con la cantidad adecuada de botellas por presentación, armadas las tarimas, se proceden a envolver con plástico para paletizar y se flejan para asegurar cada tarima, al terminar cada lote se procede a almacenarlo en bodega de producto terminado.

Punto crítico

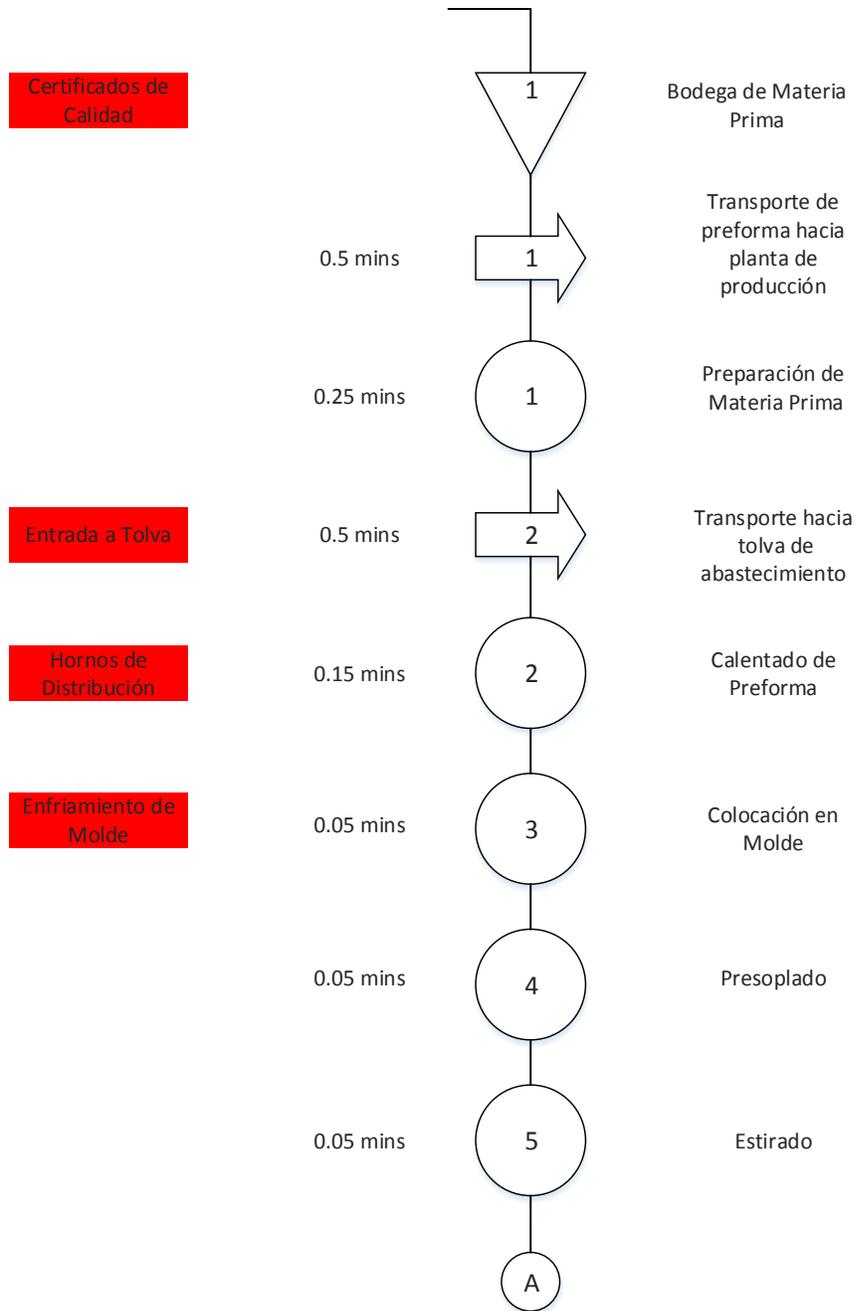
- Almacenamiento: Las tarimas deben de colocarse en cada almacén con precaución para no dañar los envases por colisión.

2.3. Proceso de producción de envases

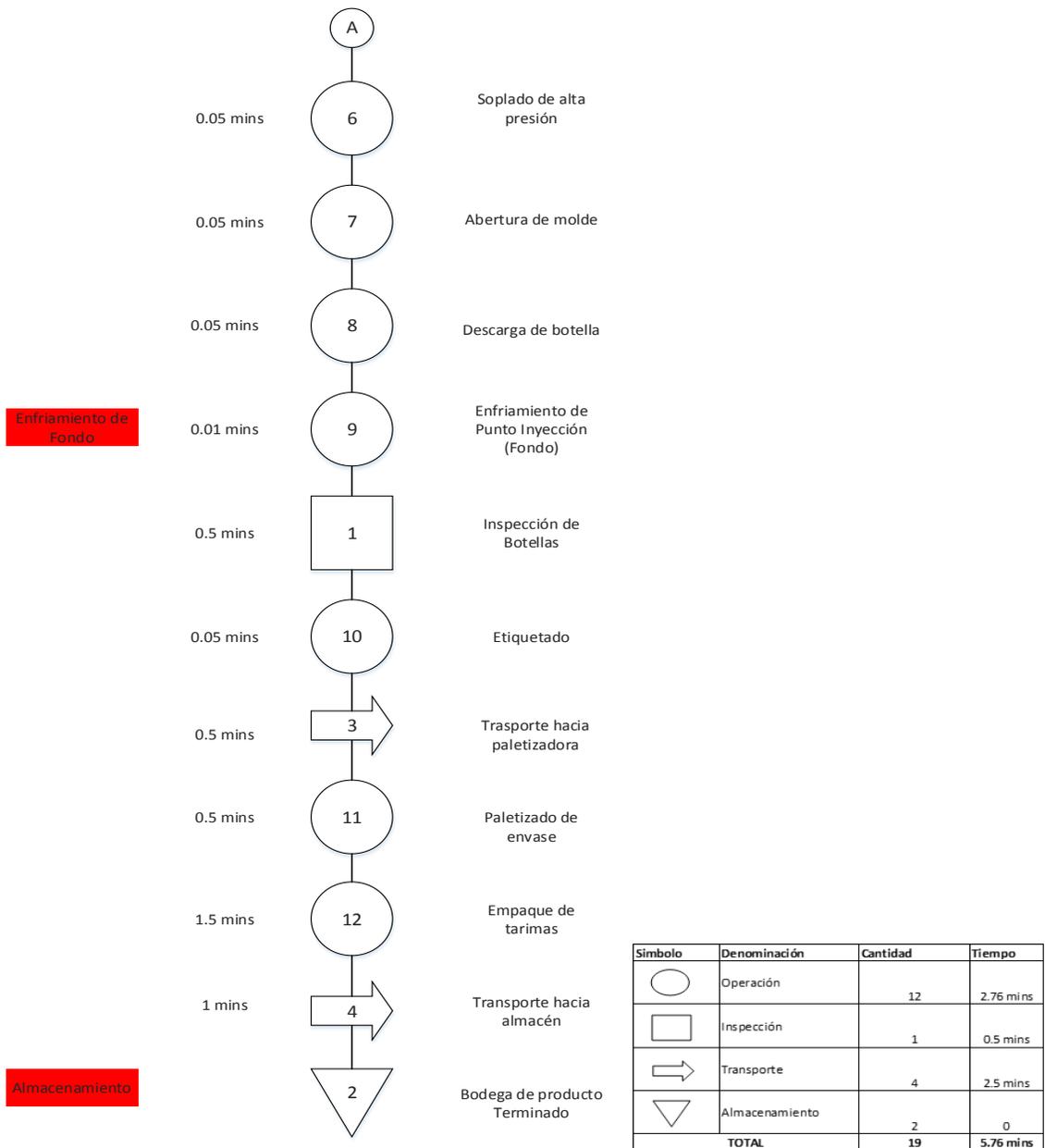
En la industria de los plásticos existen presentaciones con distintas características, el proceso implica puntos de producción, los cuales, hacen crítico el proceso, éstos deben controlarse para reducir la merma conocida y desconocida del proceso.

Figura 5. Diagrama de flujo de proceso

Diagrama de flujo de proceso			
Proceso	Fabricación de botellas	Fecha elaboración	sep-18
Área	PET		
Elaborado por	Cesar Castillo		



Continuación figura 5



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2013.

Se presenta el diagrama de flujo de proceso de la fabricación de envases flexibles PET con un total de 19 operaciones, equivalentes a 5,76 minutos totales tomando en cuenta un proceso continuo sin interrupciones.

2.3.1. Materia prima

Para la fabricación de envases flexibles de esta empresa, la materia prima es comprada y avalada por el cliente como una preforma y solo se gestiona el abastecimiento adecuado de la materia prima según las proyecciones de planificación de la demanda, esta materia solo se introduce al proceso para transformarlo en un envase soplado.

2.3.2. Peso de merma de cada presentación

Para la toma de datos de la merma generada por lote de producción, se utiliza un formato con la información necesaria para darle trazabilidad a cada producción. Ver apéndice 1.

2.3.2.1. Envases 1,5 lt

Se muestran los resultados obtenidos de la observación y toma de datos de un lote, que corresponde a la merma generada en el proceso de fabricación de una presentación.

Tabla I. **Peso de merma envase 1,5 lt**

Descripción	Existe merma	Cantidad	Observaciones
Ajustes de receta	SI	10,50	Mala calibración
Control de calidad	SI	1,90	
Etiqueta	SI	0,36	
Exceso	NO	0,00	
Fallo de maquinaria	SI	0,00	Se pesó junto con ajustes de receta para este lote.
TOTAL		12,76	

Fuente: elaboración propia.

Para un lote de la presentación 1,5 lt que corresponde a un total de 12,76, debido a mala calibración de las varillas, se debe detener la máquina y ajustar los moldes para tener la calibración ideal y arrancar máquina.

2.3.2.2. Envases 2,0 lt

Se muestran los resultados obtenidos de la observación y toma de datos de un lote, que corresponde a la merma generada en el proceso de fabricación de una presentación.

Tabla II. **Peso de merma envase 2,0 lt**

Descripción	Existe merma	Cantidad	Observaciones
Ajustes de receta		7,50	Envases perlados
Control de calidad		2,10	
Etiqueta		0,00	
Exceso		0,00	
Fallo de maquinaria		111,00	Envases perlados
TOTAL		120,60	

Fuente: elaboración propia.

Para un lote de presentación 2,0 lt corresponde un total de 120,6 kg de desperdicio por envase perlado esto se debe a no tener parámetro básico para las recetas.

2.3.2.3. Envases 2,5 lt

Se muestran los resultados obtenidos de la observación y toma de datos de un lote, que corresponde a la merma generada en el proceso de fabricación de una presentación.

Tabla III. **Peso de merma envase 2,5 lt**

Descripción	Existe merma	Cantidad	Observaciones
Ajustes de receta	SI	27,00	Envases perlados
Control de calidad	SI	5,00	
Etiqueta	NO	0,00	
Exceso	NO	0,00	
Fallo de maquinaria	SI	33,00	Envases perlados
TOTAL		65,00	

Fuente: elaboración propia.

Para un lote de presentación 2,5 lt corresponde un total de 65 kg de desperdicio por envase perlado, esto se debe a no tener parámetros básicos para las recetas.

2.3.2.4. **Envases 3,0 lt**

Se muestran los resultados obtenidos de la observación y toma de datos de un lote, que corresponde a la merma generada en el proceso de fabricación de una presentación.

Tabla IV. **Peso de merma envase 3,0 lt**

Descripción	Existe merma	Cantidad	Observaciones
Ajustes de receta	SI	25,52	Envases perlados
Control de calidad	SI	3,47	
Etiqueta	SI	6,94	
Exceso	NO	0,00	
Fallo de maquinaria	SI	18,00	
TOTAL		53,93	

Fuente: elaboración propia.

Para un lote de presentación 3,0 lt corresponde un total de 53,93 kg de desperdicio por envase perlado, esto se debe a no tener parámetro básico para las recetas.

2.3.2.5. Envases 355 ml

Se muestran los resultados obtenidos de la observación y toma de datos de un lote, que corresponde a la merma generada en el proceso de fabricación de una presentación.

Tabla V. **Peso de merma envase 355 ml**

Descripción	Existe merma	Cantidad	Observaciones
Ajustes de receta	SI	1,50	Presión de Soplado.
Control de calidad	SI	0,75	
Etiqueta	SI	0,04	
Exceso	NO	0,00	
Fallo de maquinaria	SI	2,00	Moldes mal colocados
TOTAL		4,29	

Fuente: elaboración propia.

Para un lote de presentación 355 ml corresponde un total de 4,29 kg de desperdicio, el sistema inteligente muestra el mensaje de presión de pre-soplado que indica la presión no adecuada en el envase, esto se debe a no tener parámetro básico para las recetas.

2.3.2.6. Envases 600 ml

Se muestran los resultados obtenidos de la observación y toma de datos de un lote, que corresponde a la merma generada en el proceso de fabricación de una presentación.

Tabla VI. **Peso de merma envase 600 ml**

Descripción	Existe merma	Cantidad	Observaciones
Ajustes de receta	SI	10,00	Problema por válvula en mal estado
Control de calidad	SI	0,75	
Etiqueta	SI	0,04	
Exceso	NO	0,00	
Fallo de maquinaria	NO	0,00	
TOTAL		10,79	

Fuente: elaboración propia.

Para un lote de presentación 600 ml corresponde un total de 10,79 kg de desperdicio por válvula en mal estado, esto hace que la botella final esté perlada en mayor proporción que la normal por falta de recetas.

2.3.3. Porcentaje real de merma en proceso

A continuación se muestran las tablas que reflejan el desperdicio generado en la fabricación de envases flexibles en su porcentaje real, por falta de control en los puntos críticos que afectan de forma directa e indirecta al proceso.

2.3.3.1. Determinación de cantidad de envases por lote

En la siguiente tabla se concatenan los datos tomados durante el periodo de observación, correspondiente a un lote de cada una de las presentaciones que se manejan para envases flexibles PET.

Tabla VII. Cantidad de envases por lote

Presentación	Botellas producidas (UN)	Cantidad de tarimas (UN)	Cantidad de unidades por tarima (UN)	cantidad teórica de preformas utilizadas (UN)
Envases 1,5 lt	11 616,00	16,00	726,00	11 905,93
Envases 2,0 lt	61 710,00	85,00	726,00	64 454,00
Envases 2,5 lt	30 600,00	51,00	600,00	31 850,00
Envases 3,0 lt	53 580,00	94,00	570,00	54 543,00
Envases 355 ml	71 383,00	19,00	3 757,00	71 577,82
Envases 600 ml	18 785,00	5,00	3 757,00	19 275,00

Fuente: elaboración propia.

Se detallan las producciones por lote de cada una de las presentaciones estudiadas, en donde se muestra la cantidad teórica de preformas utilizadas que es tomada de la cantidad de bolsas utilizadas por cada lote de producción. (Ver anexos).

2.3.3.2. Determinación de cantidad de merma por lote

En la siguiente tabla se concatenan las botellas producidas, la cantidad de tarimas, la cantidad teórica de preformas y el peso real de merma

obtenidos mediante el método de observación para detallar la merma por lote de cada una de las presentaciones.

Tabla VIII. **Porcentaje real de merma**

Presentación	Botellas producidas (UN)	Cantidad de tarimas (UN)	Cantidad teórica de preformas utilizadas (UN)	Peso real de merma	Merma en lote de producción teórica (UN)	% Merma
Envases 1,5 lt	11 616,00	16,00	11 905,93	12,76	290	2,4 %
Envases 2,0 lt	61 710,00	85,00	64 454,00	120,74	2 744	4,3 %
Envases 2,5 lt	30 600,00	51,00	31 850,00	65,00	1 250	3,9 %
Envases 3,0 lt	53 580,00	94,00	54 543,00	53,93	963	1,8 %
Envases 355 ml	71 383,00	19,00	71 577,82	4,29	195	0,3 %
Envases 600 ml	18 785,00	5,00	19 275,00	10,79	490	2,5 %

Fuente: elaboración propia.

Se determina la porcentaje de merma correspondiente a cada lote de producción, la merma en lote de producción teórica, es la resta de la cantidad teórica de preformas y las botellas producidas, también se determina el porcentaje de merma de cada presentación, calculando el cociente entre la merma en lote de producción teórica y las botellas producidas, por tanto, se determina que el envase con más porcentaje de merma corresponde a 2,0lt y el de menor porcentaje a 355 ml.

2.3.3.3. Ingreso por merma de lote

En la siguiente tabla se concatenan los datos correspondientes a la observación realizada, en donde se detalla ingreso monetario por merma de los lotes de cada una de las presentaciones.

Tabla IX. **Ingreso neto por merma**

Presentación	Botellas producidas (UN)	Cantidad de tarimas (UN)	Merma en lote de producción	Preforma	Ingreso por merma en lote de producción (Q)
Envases 1,5 lt	11 616,00	16,00	289,93	40,00	22,85
Envases 2,0 lt	61 710,00	85,00	2 744,00	44,00	237,85
Envases 2,5 lt	30 600,00	51,00	1 250,00	52,00	128,05
Envases 3,0 lt	53 580,00	94,00	963,00	56,00	106,24
Envases 355 ml	71 383,00	19,00	194,82	22,00	8,44
Envases 600 ml	18 785,00	5,00	490,00	22,00	21,24

Fuente: elaboración propia.

Se detalla para cada presentación el ingreso monetario por las unidades de merma, la venta de este plástico como un desperdicio significa devaluar el precio considerablemente recuperando una cifra insignificante en la que incurre un costo de oportunidad detallado en los siguientes puntos.

2.3.4. Costos relevantes de merma

El costo de oportunidad representa el valor monetario que dejo de venderse por la generación de desperdicio dentro del proceso de fabricación de envases flexibles y se detalla en los siguientes puntos.

2.3.4.1. Costo de oportunidad por lote

En la siguiente tabla se concatenan los datos necesarios para encontrar el costo de oportunidad por lote, el rendimiento es calculado por medio de la producción en unidades y las horas efectivas de trabajo, es decir, el tiempo observado menos las horas de ocio, estos datos son obtenidos por medio del método de observación. Ver apéndice 1.

Tabla X. **Costo de oportunidad por lote**

Presentación	Prod (UN)	Rendi (UN/HORA)	Precio Venta (Q)	Tiempo observado (h)	Hora OCIO (h)	Costo de Oport. (UN)	Costo de Oportunidad (Q)
Envases 1,5 lt	11 616,00	3 872,00	1,10	4,00	1,00	3872,00	Q4 259,59
Envases 2,0 lt	61 710,00	7 713,75	1,25	10,00	2,00	15427,50	Q19 234,70
Envases 2,5 lt	30 600,00	5 100,00	1,32	10,00	4,00	20400,00	Q26 930,45
Envases 3,0 lt	53 580,00	4 870,91	1,17	13,00	2,00	9741,82	Q11 431,44
Envases 355 ml	71 383,00	6 489,36	1,32	12,00	1,00	6489,36	Q8 566,74
Envases 600 ml	18 785,00	1 878,50	1,32	12,00	2,00	3757,00	Q4 959,69

Fuente: elaboración propia.

Con este análisis se determina que la generación de merma que consecuentemente lleva a detener la máquina, genera varias horas ocio que implican en un costo de oportunidad que proviene de la multiplicación entre el rendimiento y las horas ocio, por no producir las botellas estimadas para el lote correspondiente, la presentación que presenta mayor inconveniente corresponde a 2,5 lt, con la mayor cantidad de pérdida correspondiente a 26 930 quetzales.

2.3.4.2. Costos en pérdidas de materia prima

En la siguiente tabla se concatenan los datos necesarios para encontrar los costos por desperdiciar la materia prima, los datos utilizados para encontrar los costos fueron obtenidos por medio de observación y los precios fueron colocados según datos brindados por la empresa de la empresa.

Tabla XI. **Costo de oportunidad por perdidas en MP**

Presentación	Producción (UN)	Merma (UN)	Precio Venta	Preforma utilizada (gr)	Precio de preforma	Costo de desperdiciar MP	Costo de oportunidad por MP
Envases 1,5 lt	11 616,00	289,93	Q1,10	40	Q0,44	Q127,62	Q318,95
Envases 2,0 lt	61 710,00	2 744,00	Q1,25	44	Q0,47	Q1 283,85	Q3 421,16
Envases 2,5 lt	30 600,00	1 250,00	Q1,32	52	Q0,55	Q683,91	Q1 650,15
Envases 3,0 lt	53 580,00	962,99	Q1,17	56	Q0,61	Q586,70	Q1 130,01
Envases 355 ml	71 383,00	194,82	Q1,32	22	Q0,30	Q58,66	Q257,18
Envases 600 ml	18 785,00	490,27	Q1,32	22	Q0,30	Q147,62	Q647,22

Fuente: elaboración propia.

Con este análisis se determina el costo de desperdiciar la materia prima, el cual se deduce de la merma en unidades por el precio de una preforma virgen, que al ser desperdiciada, debe de ser pagada al proveedor a precio de preforma nueva y el costo de oportunidad, se deduce de la multiplicación entre el precio de venta final y las unidades de merma. El mayor impacto es generado en el envase de 2,0 lt.

2.3.4.3. **Porcentaje de recuperación**

La generación de desperdicio en el proceso de fabricación de envases flexibles que es una pérdida para la empresa, genera cierto ingreso debido al tipo de material plástico reciclable, a continuación se detalla en el siguiente punto.

2.3.4.3.1. Porcentajes de recuperación de precio

En la siguiente tabla se concatenan los datos necesarios de un lote de cada presentación para determinar el porcentaje de recuperación del precio debido a la venta de plástico para reciclar, los datos son estimados según información que proporcionó la empresa estudiada.

Tabla XII. **Recuperación del precio**

Presentación	Prod(UN)	Ingreso (Q)	Merma (UN)	ingreso por merma (Q)	Precio de cada envase de merma (Q)	Precio Venta (Q)	Pérdida neta	Porcentaje de recuperación del precio
Envases 1,5 lt	11 616,00	12 778,76	289,93	25,20	0,09	1,10	1,01	8 %
Envases 2,0 lt	61 710,00	76 938,79	2 744,00	238,51	0,09	1,25	1,16	7 %
Envases 2,5 lt	30 600,00	40 395,67	1 250,00	128,41	0,10	1,32	1,22	8 %
Envases 3,0 lt	53 580,00	62 872,92	962,99	106,53	0,11	1,17	1,06	9 %
Envases 355 ml	71 383,00	94 234,13	194,82	8,47	0,04	1,32	1,28	3 %
Envases 600 ml	18 785,00	24 798,45	490,27	21,31	0,04	1,32	1,28	3 %

Fuente: elaboración propia.

Con este análisis se determina el porcentaje de recuperación del precio, debido a la venta realizada por la empresa en el área de reciclados (Precio de venta/kilo corresponde a Q1,97/kg). También se muestra la pérdida neta de unidades monetarias con respecto al precio, correspondiente a las botellas defectuosas de cada observación.

2.4. Análisis estadístico

Las generalidades estadísticas de las observaciones y análisis realizados son de vital importancia para la toma de decisiones y puntos de inflexión en la contribución a la reducción del porcentaje de merma para el proceso de fabricación de envases flexibles.

2.4.1. Pesos generales de merma

Según las observaciones realizadas se clasifican las distintas causas que generan desperdicios, para cada una de las presentaciones estudiadas, canalizando la información para las líneas principales de fabricación de envases flexibles.

2.4.1.1. Línea 6

En la siguiente tabla se concatenan los datos correspondientes a la observación por lote de cada una de las presentaciones y se muestra el total de las presentaciones correspondientes a una de las líneas principales de producción.

Tabla XIII. **Peso de merma de línea 6**

Causa Merma	Presentación 1,5L	Presentación 2,5L	Presentación 2L	Presentación 3L	Grand Total
Ajustes de receta	10,50	27,00	60,00	40,02	137,52
B & H	0,00	0,00	0,00	6,00	6,00
Control de calidad	1,90	5,00	8,40	7,97	23,27
Etiqueta	0,36	0,00	1,66	1,81	3,83
Exceso	0,00	0,00	3,00	0,00	3,00
Fallo de maquinaria	0,00	33,00	146,00	50,00	229,00
Palletizadora Sn Martín	0,00	0,00	0,00	2,00	2,00
Salidas de la Jaula	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Grand Total	12,76	65,00	219,06	107,80	404,62

Fuente: elaboración propia.

Se determina la cantidad de desperdicio correspondiente a la línea 6, que procesa envases flexibles de 1,5 lt hasta 3 lt, se muestra la presentación más comercializada (2 lt) y su alto peso de merma, a su vez, la causa con más peso respecto a la generación de merma.

2.4.1.2. Línea 8

En la siguiente tabla se concatenan los datos correspondientes a la observación por lote de cada una de las presentaciones y se muestra el total de las presentaciones correspondientes a una de las líneas principales de producción.

Tabla XIV. **Peso de merma línea 8**

Causa Merma	Presentación 355 ml	Presentación 600 ml	Grand Total
Ajustes de receta	28,50	10,00	38,50
Etiqueta	1,82	0,04	1,85
Fallo de maquinaria	51,30	0,00	51,30
Laboratorio	4,87	0,75	5,62
Grand Total	86,49	10,79	97,27

Fuente: elaboración propia.

Se determina la cantidad de desperdicio correspondiente a la línea 8, que procesa envases flexibles de 355 ml y 600 ml, se muestran solo 4 causas de merma debido a que son las significativas para este proceso, se muestran los pesos de merma, a su vez, la causa con más peso respecto a la generación de merma.

2.4.2. Generalidades de análisis

Con base en el estándar definido por la empresa estudiada, se muestran los porcentajes permitidos de desperdicio para cada una de las presentaciones.

Tabla XV. **Parámetro de porcentaje de merma**

Presentación	Porcentaje de desperdicio permitido
Presentación 3 lt	0,5 %
Presentación 2,5 lt	0,5 %
Presentación 2 lt	0,5 %
Presentación 1,5 lt	0,5 %
Presentación 600 ml	0,5 %
Presentación 350 ml	0,5 %

Fuente: elaboración propia.

- Línea 6

Para la línea de producción 6, se determina los siguientes porcentajes, obtenidos con base en el análisis de peso de merma previo.

Tabla XVI. **Peso real de merma línea 6**

Presentación correspondientes a línea 6 (1,5 lt a 3 lt)	Dato (KG)	%
Botellas producidas	15 829,68	97,51 %
Subtotal merma	404,62	2,49 %
Total Producción	16 234,30	100,00 %

Fuente: elaboración propia.

Se presenta el peso de merma de los lotes correspondientes a las presentaciones que se estudian en este capítulo para la línea 6, que corresponde al 2,49 % del total de los lotes de 1,5 lt hasta 3 lt y se determina que se excede por un 99 % el porcentaje permitido, lo que genera costos de oportunidad, desconfianza del cliente y disminución de participación en el mercado.

- Línea 8

Para la línea de producción 8 se determina los siguientes porcentajes obtenidos con base en el análisis de peso de merma previo.

Tabla XVII. **Peso real de merma línea 8**

Presentacion correspondientes a linea 6 (1,5 lt a 3 lt)	Dato (KG)	%
Botellas producidas	10 166,44	99,05 %
Subtotal merma	97,27	0,95 %
Total Producción	10 263,71	100,00 %

Fuente: elaboración propia.

Se presenta el peso de merma de los lotes correspondientes a las presentaciones que se estudian en este capítulo, para la línea 8 que corresponde al 0,95 % del total de los lotes de 355 ml y 600 ml y se determina que se excede por 0,45 % el porcentaje permitido lo que genera costos de oportunidad desconfianza del cliente y disminución de participación en el mercado.

3. ANÁLISIS DE LAS CAUSAS QUE DAN LUGAR A LA EXISTENCIA DE MERMA

3.1. Determinación de causas

Para realizar el presente estudio, se utilizaron herramientas básicas para la determinación de causas raíz, utilizando diagramas y métodos gráficos en virtud de los hallazgos obtenidos en la investigación y tratan de reflejar la situación actual de la generación de merma en el proceso de fabricación de envases flexibles para la empresa estudiada.

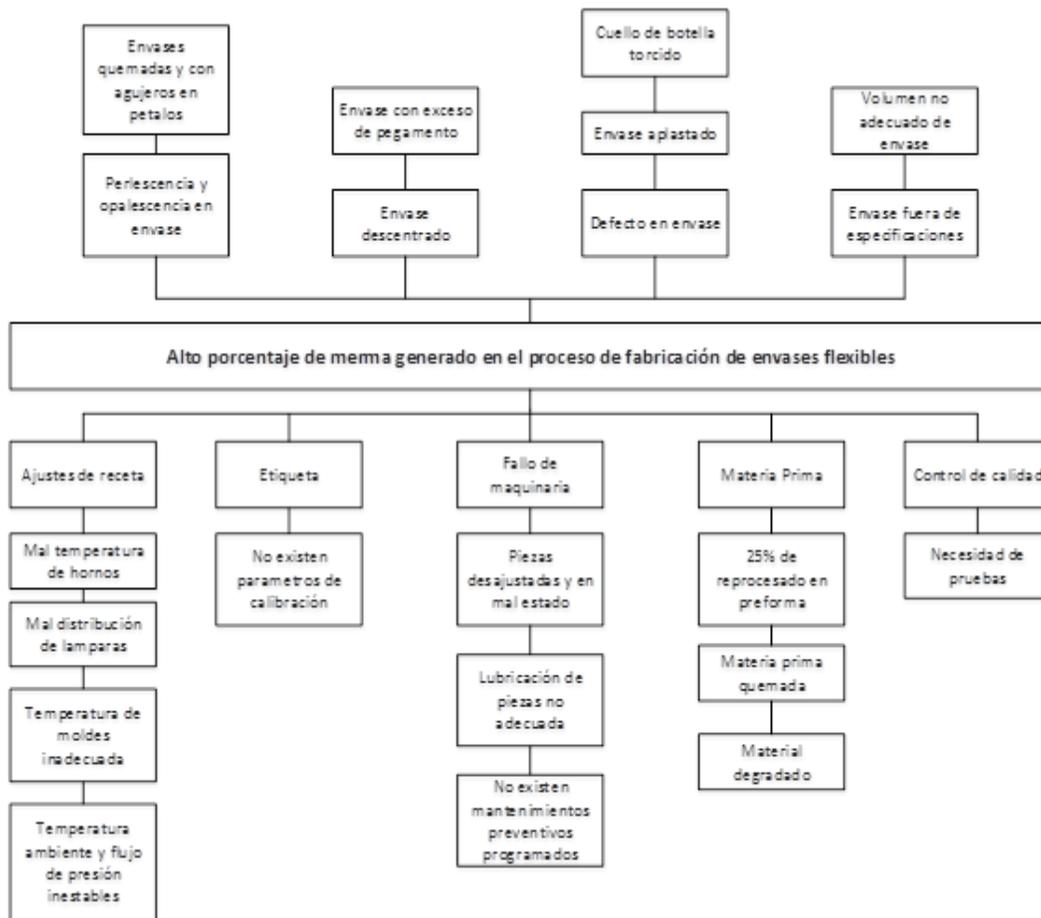
3.2. Herramientas de análisis

Para encontrar las principales causas se utiliza una metodología de análisis de causa raíz, en ella se busca encontrar acciones correctivas que contribuyan a la disminución de la generación de merma.

3.2.1. Diagrama de árbol de problemas

En la siguiente figura se muestra por medio de un árbol de problemas, las principales causas y los efectos generados debido al alto porcentaje de merma en el proceso de fabricación de envases flexibles.

Figura 6. Diagrama de árbol de problemas del alto porcentaje de merma



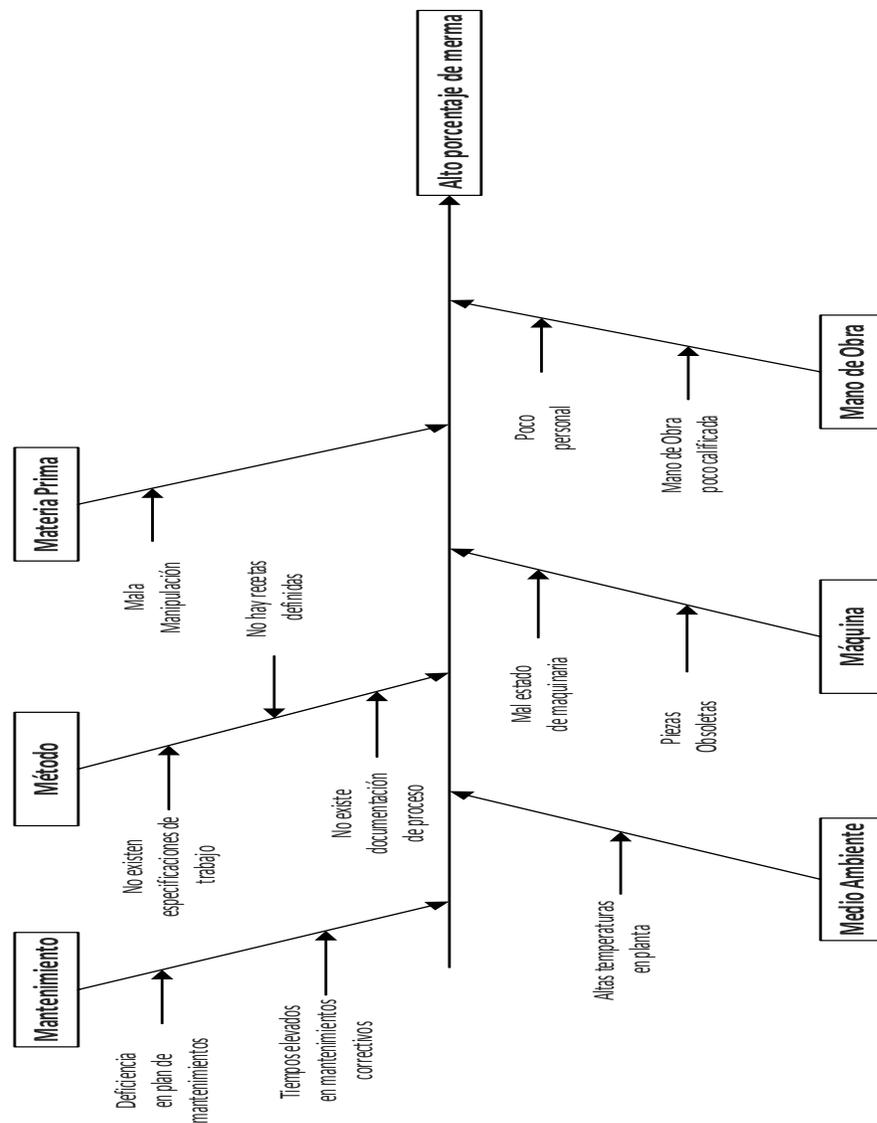
Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2013.

Se presentan las raíces de las causas de la generación de merma en el proceso de fabricación de envases, el ajuste de receta pertenece a las causas que mayor impacto representan en la generación de merma y se debe a la falta de estandarización de las mismas.

3.2.2. Diagrama de ISHIKAWA

El siguiente diagrama representa de manera organizada, las causas principales en cuanto a las 6M's que causan el alto porcentaje de merma en el proceso de fabricación de envases flexibles.

Figura 7. Diagrama causa-efecto del alto porcentaje de merma



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2013.

Se presentan dentro del diagrama, 3 principales ramas en donde se encuentran las causas de mayor impacto en la generación de merma, mantenimiento, maquinaria y método. El mantenimiento y maquinaria corresponde a las principales causas de generación de merma por obsolescencia de piezas y falta de gestión de mantenimientos y en la causa raíz método se encuentra la falta de estandarización de procesos y recetas.

3.2.3. Diagrama de Pareto

Se presenta el diagrama Pareto, también conocido como curva cerrada, en donde se priorizan las causas relevantes que generan el alto porcentaje de merma en el proceso de fabricación de envases flexibles.

Tabla XVIII. Incidencias en el proceso de fabricación de envases

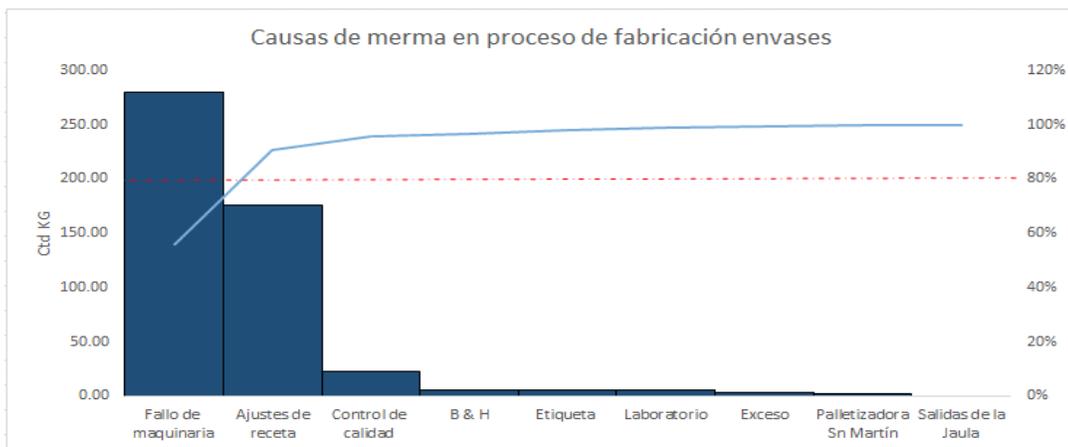
Causa/ Actividad	TOTAL (KG)	% Incidencia	% Pareto
Fallo de maquinaria	280,30	56 %	56 %
Ajustes de receta	176,02	35 %	91 %
Control de calidad	23,27	5 %	96 %
B & H	6,00	1 %	97 %
Etiqueta	5,68	1 %	98 %
Laboratorio	5,62	1 %	99 %
Exceso	3,00	1 %	100 %
Palletizadora Sn Martín	2,00	0 %	100 %
Salidas de la Jaula	0,00	0 %	100 %

Fuente: elaboración propia.

Con base en la tabla de incidencias, en el proceso de fabricación de envases se realiza la gráfica de Pareto de las causas que generan merma en el proceso, esta tabla se construye en función de los datos de peso de merma (KG) obtenidos en el análisis estadístico, el porcentaje de incidencia es

calculado por medio de la participación de cada causa de merma, éste permite obtener el porcentaje Pareto, que es la el acumulado de dicho porcentaje de incidencia.

Figura 8. **Gráfica Pareto del proceso de fabricación de envases**



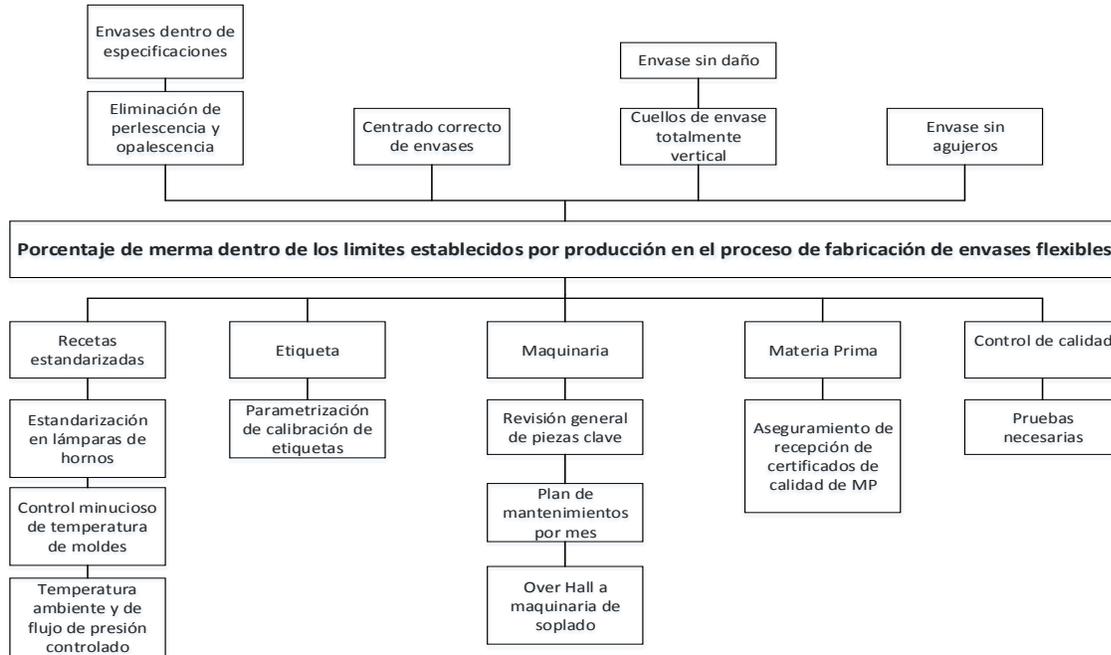
Fuente: elaboración propia.

De acuerdo al análisis de causas Pareto el mayor impacto en generación de merma es Fallo de maquinaria, seguido de ajustes de receta, la gráfica muestra 280 kg y 176 kg respectivamente y estos representan el 56 % y 35 % respectivamente en la generación de merma, es decir, el 91 % de la merma es generado por 2 causas, fallo de maquinaria y ajustes de receta.

3.2.4. Diagrama de árbol de objetivos

En la siguiente figura se muestra por medio de un árbol de objetivos, los principales medios y los fines para reducir el porcentaje de merma en el proceso de fabricación de envases flexibles.

Diagrama árbol objetivos para reducir el porcentaje de merma



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2013.

De acuerdo al árbol de objetivos, se establecen los principales medios para reducir el porcentaje de merma, se ataca de forma directa el fallo de maquinaria con una revisión y reparación general de la máquina y un mantenimiento preventivo adecuado de las máquinas, para el ajuste de receta se propone la estandarización de recetas y documentación de procesos.

3.3. Análisis de causas en proceso

Considerando lo expuesto en el punto 3.2 se presenta un análisis profundo sobre la causa raíz, en virtud de la causas raíz obtenida, se intenta reflejar la acción correctiva concreta para contribuir en la disminución del porcentaje.

3.3.1. Análisis de los 5 por qué

Para las causas establecidas en el inciso anterior se muestra las causas raíz con su acción correctiva correspondientes.

Figura 9. Análisis de causas de los cinco por qué

Problema a Estudiar	Causa	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	Resultado del análisis
Alto porcentaje de merma generado en el proceso de fabricación de envases flexibles	Ajustes de receta	Envase con perlescencia y opalescencia	Temperatura de preforma no adecuada	Mala distribución de hornos de maquina	No hay parametros.		Estandarización de recetas
		Cuello de envase con doblez	Temperatura de cuello de preforma no adecuada	Se utiliza temperatura según expertis	No hay parametros.		
		Envase sin equilibrio	Mal tratado el punto de inyección de envase	Temperatura de Agua arriba de 9°C			
	Fallo en maquinaria	Envase aplastado	Acumulación de envases en línea de producción	Preforma atrapada en pinzas de salida	Velocidad de salida de moldes mayor que la de recepción de pinzas	Por la vibración de la máq se afloja tambor y pierde velocidad	Aprovechamiento de paros para calibrar pinzas de salida
		Envase descentrado	Mala calibración de la varilla de estirado				-
		Envases quemados	Preforma se mantiene mayor tiempo dentro de maquina	Maquina se detiene y sobrecalienta la preforma dentro de la maquina	Fallo electro mecanico de la maquinaria		Plan de mantenimientos preventivos
	control de calidad	Analisis de calidad					-
	B&H	Etiqueda con doblez	Mala calibración de la etiquetadora				-
	Exceso	Envases que no llenan una tarima	No hay calculo estimado sobre la cantidad de envases en línea				Estimar dato de cantidad de envases en línea
	Paletizadora Sn Martin	envases caen al suelo antes del empaque final de la tarima	Movimiento hace que algunas botellas mal posicionadas caigan al suelo.				-
Salidas de la Jaula	Preforma sucia					-	

Fuente: elaboración propia.

Se presenta la acción correctiva para cada una de las causas, de las cuales, los ajustes de receta y fallo de maquinaria ocupan la mayoría de los casos de generación de merma y para los cuales, se presenta las acciones pertinentes a estandarización de recetas y un plan de mantenimientos preventivos.

3.3.2. Determinación de causas primarias

De acuerdo al punto 3.3.1, las causas más recurrentes en la generación de desperdicio para el proceso de fabricación de envases flexibles se dividen principalmente en dos: el fallo de maquinaria con un porcentaje de merma del 56 % y los ajustes de receta con un porcentaje de merma del 35 %, estos son las causas primarias del análisis realizado, basándose en la regla Pareto son las que ocasionan más del 80 % del desperdicio.

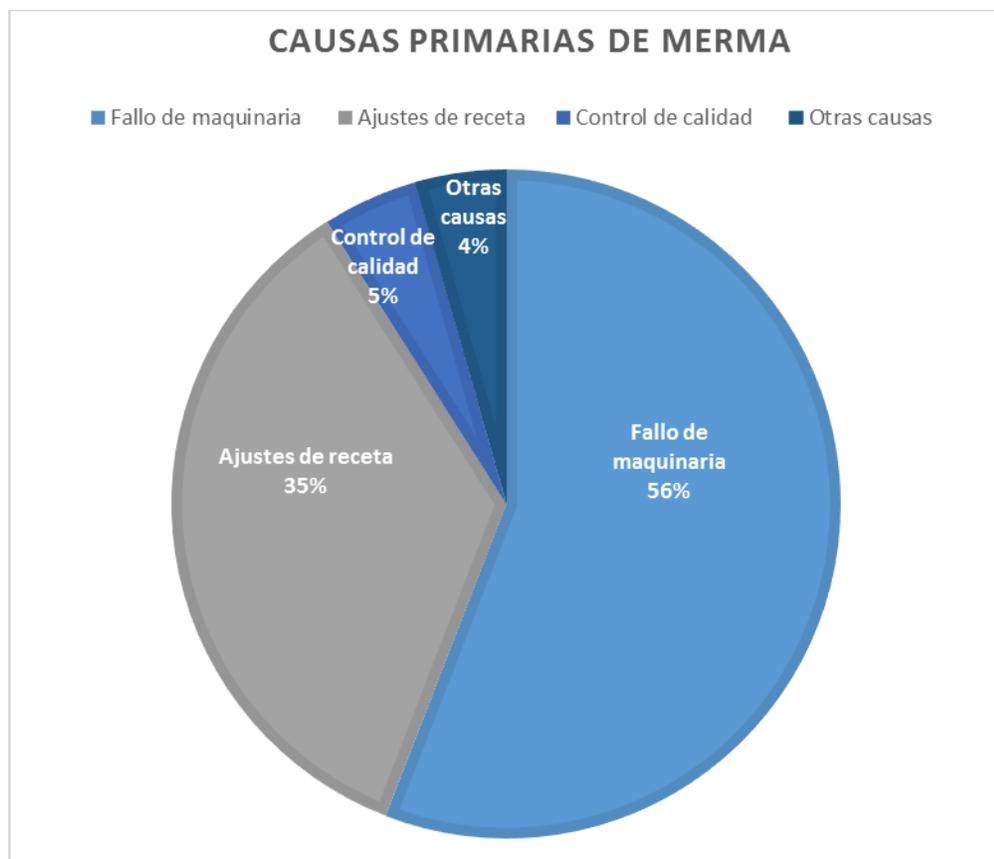
El fallo de maquinaria, que tiene el mayor porcentaje de merma a nivel global en el proceso, se debe a falta de programación de mantenimientos preventivos, lo cual, no permite la conservación del equipo ni garantiza su funcionamiento en óptimas condiciones.

El ajuste de receta hace referencia a los parámetros básicos que se deben de regular en la maquinaria para conseguir un envase flexible de calidad, en la actualidad, esta causa tiene un 36 % de participación en la generación de merma, este factor es indispensable mitigar, estandarizando las recetas, de esta manera disminuirá el porcentaje de merma y también habrá una baja en el costo de fabricación.

3.3.3. Gráfica de causas primarias

En la siguiente figura se muestra la gráfica de las causas primarias que generan merma en el proceso de fabricación de envases flexibles.

Figura 10. Gráfica de causas primarias en el proceso de fabricación de envases



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo al análisis de causas, ajustes de receta y fallo de maquinaria causan el 96 % de merma en el proceso, para ello deben de tomarse acciones correctivas recomendadas en el árbol de objetivos (ver figura 8).

3.3.4. Variables principales del proceso

En todo proceso de fabricación existen variables que deben de controlarse de manera crítica, en la siguiente sección se establecen las variables principales de entrada transformación y salida para la fabricación de envases flexibles.

3.3.5. Entrada de materia prima

En el proceso de fabricación de envases flexibles, la manipulación de la materia prima en el transporte hacia la tolva es de suma importancia, es por ello que por normas internas de seguridad industrial y aseguramiento de calidad deben de establecerse la forma de carga, descarga y velocidad a la que se manipula la materia prima por medio de montacargas, de no ser así, existirán golpes en las preformas que afectaran el producto terminado

Existen causas fortuitas en este proceso que afectan el producto terminado, por ejemplo, la entrega de la materia prima a la tolva que deja caer la preforma de una distancia de 2 metros, en donde puede dañarse la preforma y dar lugar a una envase soplada defectuosa que no cumpla con especificaciones como se vio en el capítulo 2 de este trabajo, en el tiempo estudiado no se presentaron casos de ésta índole.

En esta variable es indispensable mantener los controles necesarios y seguir los procedimientos establecidos para no generar materia prima defectuosa que afecte al producto terminado.

3.3.6. Soplado de botellas

Este es uno de los procesos con mayor criticidad en la fabricación de envases flexibles, debido que la preforma es pre-soplada, estirada y soplada para darle la forma deseada al producto final, en este punto se localizan la mayoría de parámetros de alta criticidad para la disminución del porcentaje de merma, como se informa en el capítulo 2 de este trabajo.

La preforma en los hornos tiene dos etapas, la de precalentamiento y la de distribución de calor en el cuerpo del envase esta última es sumamente crítica, porque si no se tiene un parámetro para cada tipo de botella la distribución de calor en el cuerpo de la botella no es adecuada y la botella puede sufrir de perlescencia u opalescencia lo cual genera merma por ajustes en la receta del material.

El enfriamiento del envase es también un factor indispensable para controlar un enfriamiento inadecuado de los envases recién moldeados afecta de manera directa en la calidad del producto.

El Enfriamiento de las paredes del molde, es etapa clave para la consecución de un envase de calidad, cuando las paredes del molde no alcanzan las temperaturas por debajo de los 9°C la botella sufre deformación en las etapas de manejo del producto

El fondo de la botella debe ser enfriado con los mismo parámetros que el cuerpo de la botella, debido a que esta estructura es compleja y le permite mantenerse estable y resistir la presión interna, es por ello que el espesor del fondo debe ser más grueso que el cuerpo de la botella y debe ser enfriado inmediatamente después de salir del molde.

3.3.7. Transportadora

Este proceso como se puede observar en el capítulo dos, no tiene participación en el análisis estadístico sobre el porcentaje de merma, debido a que es casi nula la cantidad de envases por lote que se desperdicia por alguna causa fortuita.

3.3.8. Paletizadora

La paletizadora es la máquina que se encarga de paletizar o preparar el producto para su almacenaje y transporte, en ésta etapa el producto es colocado en una tarima de madera fumigada, la cantidad de botellas dependerá del tamaño del envase y la participación es nula debido a que la merma que puede generarse en este escenario es solo por caídas de botellas al suelo, el porcentaje no se muestra en el análisis estadístico del capítulo dos debido a que es 0 %.

3.3.9. Envolvedora

La envolvedora es la encargada de cubrir las tarimas con Strech Film para protección del producto terminado, como un empaque terciario, en el tiempo estudiado no se presentó ningún envase defectuoso en este proceso debido a que su función principal es la protección del producto conforme.

3.4. Clasificación de mermas

Para determinar de mejor manera las mermas a las que se debe prestar un grado alto de control, deben de identificarse las mermas en rangos de criticidad, el criterio será definido en la siguiente tabla con base en el tiempo

muerto de máquina y la oportunidad que representa el tiempo muerto en máquina.

Figura 11. Clasificación de merma

Área	Causas presentadas en estudio	Consecuencias potenciales	Acción correctiva	Tiempo (hrs)	Rendimiento lineal máquina (un/h)	Oportunidad (un)	Indicador
Producción	Fallo de maquinaria	Envases quemados y envases aplastados.	Mantenimientos correctivos	2	4987.4	9974.84	12 %
Producción	Ajustes de receta	Cuello de envase con doblez, perlescencia y opalescencia	Ajustes manuales a receta de máquina	1	4987.4	4987.42	6 %
Producción	Control de calidad	Por manipulación de envases	N/A	0	4987.4	0.00	0 %
Producción	B & H	Botellas aplastadas	Calibraciones constantes	0	4987.4	831.24	1 %
Producción	Etiqueta	Etiqueda mal colocada	Calibraciones constantes	0	4987.4	831.24	1 %
Producción	Exceso	Desperdicio de envases en buen estado	Estandarización de recetas	0	4987.4	0.00	0 %

Fuente: elaboración propia.

Se presenta el indicador que se define para la clasificación de merma por rangos de criticidad, el tiempo fue ponderado según observaciones realizadas en el año 2018, el rendimiento lineal es obtenido de la razón entre cantidad producida y el tiempo efectivo de máquina, datos obtenidos en el capítulo 2, el indicador es la razón entre la oportunidad que corresponde a las unidades no fabricadas por tiempo muerto en máquina y la corrida óptima obtenida del porcentaje meta de los Set Up.

El indicador para fallo de maquinaria refleja, que de la corrida óptima de producción que se obtiene del porcentaje meta de los set ups y corresponde a 81 000 unidades, el 12 % se desaprovecha por las acciones correctivas ejecutadas para mitigar dicha causa, a esto se debe agregar que es la causa de

merma más alta, excediendo el porcentaje permitido de merma que corresponde a 0,5 %.

Se aprecia que las causas raíz de merma fallo de maquinaria y ajustes de receta representan los indicadores más altos, tanto en el análisis estadístico como en el análisis de causas, debido a que las acciones correctivas se ejecutan en un mayor tiempo, además de causar el porcentaje de merma más alto a nivel global y generar una oportunidad de negocio desperdiciada por tiempos muertos.

Con base en el porcentaje de desperdicio meta establecida por la empresa estudiada, se define un porcentaje meta del 0,5 % del indicador de oportunidad y se clasifican las distintas causas de merma:

3.4.1. Críticas

Para los porcentajes que estén de 1,5 % en adelante, se definen como críticos, ya definido este criterio, a esta clasificación pertenecen las siguientes causas

- Fallo de maquinaria
- Ajustes de receta

3.4.2. Mayores

Para los porcentajes entre $1,01 \% < x < 1,5 \%$, se definen como mayores ya definido este criterio para los datos obtenidos en la investigación no existe causa de merma en esta clasificación.

3.4.3. Menores

Para los porcentajes de $0,01 \% < x < 1 \%$ se definen como menores ya definido este criterio se clasifican las siguientes causas

- B &H
- Etiqueta

4. ELABORACIÓN DE PROGRAMA PARA REDUCCIÓN DE MERMA

4.1. Diseño de programa estandarizado

Es necesario definir parámetros estándar en la fabricación de envases flexibles, lo cual, contribuye a la disminución en la generación de merma y permite alcanzar el porcentaje meta para la merma, en virtud de los hallazgos obtenidos en la investigación, se definen los parámetros básicos:

4.1.1. Consigna de hornos

La consigna de hornos se traduce en los parámetros internos del horno, es decir, la distribución de las distintas lámparas del horno en función de las temperaturas de cada una de ellas y también en función de la temperatura de la preforma.

4.1.1.1. Temperatura de hornos

Existen dos tipos de hornos, conocidos como, hornos de penetración y hornos de distribución, el horno es la composición de cierto número de lámparas que proporcionan un nivel de calentamiento al cuerpo de las preformas de cada una de las presentaciones.

4.1.1.1.1. Distribución de lámparas en hornos de penetración

Los hornos de penetración proporcionan el precalentamiento a la preforma, es decir, calientan de manera uniforme el cuerpo de la preforma. Esta etapa es fundamental en el proceso para poder darle la temperatura adecuada y la distribución necesaria de calor la temperatura que debe de proporcionar el horno oscila entre los 40 °C y 50 °C.

4.1.1.1.2. Distribución de lámparas en hornos de distribución

Los hornos de distribución proporcionan la distribución del calentamiento de la preforma en los distintos anillos de la pared para poder facilitar los procesos de presoplado, estirado y soplado, previo a convertirse en un envase final.

Tabla XIX. Distribución de temperaturas en preforma

Hornos	Temperaturas de cada presentación(en grados centígrados)					
	355 ml	600 ml	1,5 l	2,0 l	2,5 l	3,0 l
9	0	0	85	70	85	65
8	0	0	50	75	60	50
7	0	0	65	80	85	75
6	52	50	95	40	100	95
5	70	75	85	50	100	80
4	92	50	50	75	75	65
3	68	75	50	80	75	90
2	58	70	80	85	70	65
1	100	100	95	90	80	95

Fuente: elaboración propia.

Se presenta en la tabla, la temperatura que debe alcanzarse en el recorrido de la preforma, tanto el horno de penetración como el horno de distribución, esta temperatura es parte fundamental como ayuda de proceso previo a la siguientes etapas, las cuales, permiten que el presoplado y soplado se dé con éxito para la consecución de un envase que cumpla con especificaciones.

4.1.2. Consigna generales

Las consignas generales se traducen en los parámetros básicos que se deben mantener dentro del proceso de fabricación de envases flexibles para que este sea exitoso, por lo tanto, en virtud de los hallazgos obtenidos en la investigación, se establecen dichos parámetros en esta sección.

4.1.2.1. Temperatura de preforma

Se detallan las temperaturas ideales de la preforma al salir de los hornos de penetración y distribución para cada una de las presentaciones estudiadas.

Tabla XX. **Temperatura de preformas**

Presentación	Temperatura (° C)
355 ml	95
600 ml	105
1,5 l	115
2,0 l	113
2,5 l	128
3,0 l	119

Fuente: elaboración propia.

Se presenta con base en la tabla anterior, las temperaturas de preforma ideales para asegurar que entre el proceso de estiramiento y soplado la distribución del material sea uniforme para cumplir con la especificación del espesor del envase.

4.1.2.2. Temperatura de carga

Se detallan las temperaturas ideales de carga de la preforma en el carrusel que las transporta hacia el moldeo para cada una de las presentaciones estudiadas.

Tabla XXI. Temperatura de carga de preformas

Presentación	Temperatura (° C)
355 ml	96
600 ml	85
1,5 l	120
2,0 l	108
2,5 l	125
3,0 l	120

Fuente: elaboración propia.

Se presenta en la tabla anterior las temperaturas ideales para que la preforma sea cargada al molde, estas temperaturas no deben de variar más del 10 % respecto de la temperatura de preforma al salir de los hornos para conseguir que el estiramiento y soplado sean buenos y así obtener espesores constantes y uniformes.

4.1.2.3. Presión presoplado

Se detalla la presión de aire comprimido correspondiente al presoplado que debe de mantenerse en el sistema para cada una de las presentaciones.

Tabla XXII. **Presión de presoplado en sistema**

Presentación	Presión presoplado
Todas las presentaciones	6 - 12 BAR

Fuente: elaboración propia.

Se presenta la presión de presoplado para todas las presentaciones estudiadas esta debe de mantenerse de 6 a 12 BARES para todo el sistema y debe ser distribuida a cada molde de la sopladora para asegurar el crecimiento diametral de la preforma y como una ayuda de proceso para darle forma en el proceso de soplado.

4.1.2.4. Presión soplado

Se detalla la presión de aire comprimido que debe de emplearse en el proceso de soplado para cada una de las presentaciones.

Tabla XXIII. **Presión de soplado en sistema**

Presentación	Presión soplado
Todas las presentaciones	40 BAR

Fuente: elaboración propia.

Se presenta la presión de soplado y debe de emplearse a 40 BAR en el sistema, distribuida a cada molde de la máquina sopladora para lograr la cristalización del envase al impactar contra el molde, es necesario que el molde mantenga una temperatura de 9 ° C para lograr la rigidez necesaria del envase.

4.1.2.5. Compensaciones

Este parámetro es fundamental dentro de la receta, siempre y cuando, exista desgaste de los moldes de la maquinaria, este desgaste provoca una variación en el volumen del envase, que puede ser regulada a través de la maquina sopladora, en el tiempo estudiado no se observó variación de volumen debido al buen estado de los moldes de trabajo.

4.1.2.6. Cadencia

El término cadencia hace referencia al ritmo de producción de las máquinas sopladoras establecidas, para cada máquina en unidades/hora.

Tabla XXIV. **Ritmos de producción de sopladoras**

Presentación	Cadencia (b/h)
355 ml - 600 ml	De 6 000 a 7 000
1,5 l -3,0 l	De 8 000 a 9 000

Fuente: elaboración propia.

Se presenta en la tabla anterior el intervalo de cadencias o ritmos de producción para cada una de las líneas de producción, se tomó en cuenta la especificación dada por el proveedor de la máquina de presentaciones desde 355 ml hasta 3,0 lt, también se tomó en cuenta las unidades por jornada definidas por la empresa, las cuales, para presentaciones de 1,5 lt a 3,0 lt es de 85 000 un y para presentaciones de 355 ml a 600 ml es de 105 000 un para lograr el balance de las líneas de producción.

4.1.3. Tiempos en proceso

En esta sección se detallan los tiempos de proceso correspondientes al pre-soplado, soplado y desgasificación, en virtud de los datos obtenidos de la observación.

4.1.3.1. Presoplado

Se detallan los tiempos de presoplado dentro del proceso de fabricación de envases flexibles para cada una de las presentaciones estudiadas.

Tabla XXV. **Tiempos de presoplado**

Presentación	Tiempo (s)
355 ml	0,15
600 ml	0,15
1,5 l	0,25
2,0 l	0,26
2,5 l	0,27
3,0 l	0,27

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior, se presentan los tiempos necesarios para lograr dar a la preforma un crecimiento con orientación radial, en paralelo con el estirado para darle el crecimiento longitudinal al envase, estos tiempos se rigen en un intervalo de 0,15 s a 0,27 s.

4.1.3.2. Soplado

En la siguiente tabla se concatenan los tiempos del soplado para cada una de las presentaciones estudiadas.

Tabla XXVI. **Velocidad de soplado**

Presentación	Tiempo (S)
355 ml	0,98
600 ml	1,22
1,5 l	0,89
2,0 l	0,91
2,5 l	0,93
3,0 l	0,93

Fuente: elaboración propia.

Se presenta en la tabla anterior los tiempos de soplado necesarias para obtener el diseño deseado del envase por medio del crecimiento radial que brinda este proceso y la presión de soplado que hace que el envase impacte con el molde frío y sea cristalizado, en él, se observa que el tiempo se rige en un intervalo de 0,90 s a 1,22 s máximo.

4.1.3.3. Desgasificación

En la siguiente tabla se concatenan los datos en virtud de los hallazgos obtenidos en la investigación sobre el tiempo de desgasificación para cada una de las presentaciones estudiadas.

Tabla XXVII. Tiempo de desgasificación

Presentación	Desg. (s)
Todas las presentaciones	0,3- 0,4

Fuente: elaboración propia.

Se presenta en la tabla anterior que el tiempo de desgasificación observado en todas las presentaciones varía entre 0,3 s y 0,4 s, se recomienda mantener estos tiempos para asegurar la expulsión del aire introducido a alta presión y asegurar dar la forma y enfriamiento necesario al envase.

4.1.4. Posición angular

La posición angular aplicada a las sopladoras PET no es más que en un tiempo t la posición dada del molde en función del tiempo t , en esta sección se detallará las posiciones angulares que definirán la bajada y subida de las toberas que brindan el presoplado, estiramiento y soplado.

4.1.4.1. Bajada de tobera No. 1

En la siguiente tabla se concatena la posición angular de la bajada de tobera no. 1 para las presentaciones estudiadas en virtud de las observaciones realizadas.

Tabla XXVIII. **Bajada de tobera No. 1**

Presentación	Tobera 1 (°)
355 ml - 600 ml	36
1,5 l -3,0 l	37,5

Fuente: elaboración propia.

Se presenta en la tabla anterior la posición angular definida para las presentaciones estudiadas y corresponde a la bajada de la primera tobera que se coloca herméticamente sobre el cuello de la botella para lograr un presoplado y soplado de calidad.

4.1.4.2. Bajada de tobera No. 2

En la siguiente tabla se concatena la posición angular de la bajada de tobera no. 2 para las presentaciones estudiadas en virtud de las observaciones realizadas

Tabla XXIX. **Bajada de tobera No. 2**

Presentación	Tobera 2 (°)
355 ml - 600 ml	40,8
1,5 l -3,0 l	54

Fuente: elaboración propia.

Se presenta en la tabla anterior la posición angular definida para las presentaciones estudiadas y corresponde a la bajada de la segunda tobera que hace accionar la barra de estiramiento para conseguir el crecimiento longitudinal del envase, conjunto con el soplado de alta presión.

4.1.4.3. Subida de tobera No. 1

En la siguiente tabla se concatena la posición angular de la subida de tobera no. 1 para las presentaciones estudiadas en virtud de las observaciones realizadas

Tabla XXX. **Subida de tobera No. 1**

Presentación	Tobera 1 (°)
355 ml - 600 ml	280
1.5 l -3,0 l	280

Fuente: elaboración propia.

Se presenta en la tabla anterior la posición angular definida para las presentaciones estudiadas y corresponde a la subida de la primera tobera a los 280 grados en todas las presentaciones para regresar a su posición inicial y como ayuda de proceso para la desgasificación.

4.1.4.4. **Subida de tobera No. 2**

En la siguiente tabla se concatena la posición angular de la subida de tobera no. 2 para las presentaciones estudiadas en virtud de las observaciones realizadas

Tabla XXXI. **Subida de tobera No. 2**

Presentación	Tobera 2 (°)
355 ml - 600 ml	270
1,5 l -3,0 l	264,3

Fuente: elaboración propia.

Se presenta en la tabla anterior la posición angular definida para las presentaciones estudiadas y corresponde a la subida de la segunda tobera que sube la barra de estiramiento para regresarla al punto inicial e iniciar un nuevo ciclo.

5. PLAN DE CONTROLES

5.1. Implementación

Con la elaboración del programa de parámetros estándar para la fabricación de envases flexibles, se espera disminuir el porcentaje de merma, mitigando el 35 % que representa el ajuste de receta, controlando de mejor manera los costos generados por esta causa.

5.1.1. Control de maquinaria

Es indispensable llevar a cabo un plan de mantenimiento para los ejes principales del proceso para poder mantener la maquinaria en un estado óptimo y su vez prolongar el tiempo de vida útil de cada una de las piezas, evitando subir el porcentaje de merma por fallo de maquinaria.

En el proceso de fabricación de envases flexibles, la maquinaria es indispensable por su función en la recepción de materia prima, el precalentado y calentado, el estirado y el soplado de la materia prima, por tal motivo, debe de conservarse en óptimas condiciones donde la calibración, los mantenimientos preventivos y el control de inventario de repuestos, seán los puntos críticos para asegurar el cumplimiento a los planes establecidos y lograr la disminución en la generación de merma dentro del proceso, de esa manera, se asegura el ahorro de costos por la asignación correcta de los recursos en el proceso de fabricación.

Por tal motivo se llevó a cabo la propuesta de un formato maestro que contempla la calibración de las máquinas y el control de inventario de repuestos, con el objetivo de darle el seguimiento adecuado y lograr la trazabilidad necesaria para mantener el estado ideal de la maquinaria, los cuales, se detallan en los siguientes puntos.

5.1.1.1. Calibraciones

La calibración y limpieza de las partes de las máquinas sopladoras es fundamental para el funcionamiento correcto y el aseguramiento de la calidad del producto final es por ello que debe de definirse un plan de mantenimiento como mínimo mensual para eliminar las probabilidades de fallo de la misma.

Para el área de soplado debido a los constantes cambios que se realizan durante la semana, en función de la demanda, se recomienda que las calibraciones sean realizadas inmediatamente después de cada cambio de molde (Set up) para asegurar que la varilla de estirado se encuentre centrada y se ajuste en función de la altura del molde

Para la calibración de moldes las actividades son de principio básico, donde solo deben de efectuarse los siguientes puntos:

- Revisión de los tornillos de ajuste de la varilla de estirado.
- Aseguramiento que la varilla sea correcta para las dimensiones del molde.
- Verificación de abertura de molde.
- Verificación de cerradura de molde.
- Limpieza superficial de piezas.

5.1.1.1.1. Programa de mantenimientos

El objetivo del programa de mantenimiento se basa en la corrección de fallas y la prevención de daños severos en las piezas derivadas del desgaste que sufren en la operación, con el fin de ahorrar costos innecesarios por mantenimientos correctivos.

Las maquinas encargadas del soplado no cuentan con un programa de mantenimientos preventivos, por tal razón, existen piezas que ya se encuentran con un desgaste severo y provocan fallas en el sistema productivo y contribuye al desperdicio de recursos para producir envases flexibles y eleva los costos por el alto porcentaje de merma generado.

Con la ausencia de mantenimientos preventivos, la confiabilidad del equipo es menor y la disponibilidad de la misma disminuirá en el tiempo y afectará de forma directa en el tiempo de entrega del producto.

Se plantea un programa básico para el mantenimiento mensual de las máquinas sopladoras, el departamento de mantenimiento deberá de darle el seguimiento y trazabilidad necesaria por medio de este archivo a todos los mantenimientos realizados durante el año, esto les permitirá saber la cantidad de insumos a utilizar durante un año.

Figura 12. Programa de mantenimientos preventivos

Programa de mantenimiento preventivo		Mes 1							Mes 2						
		01	02	03	04	05	06	07	01	02	03	04	05	06	07
Actividades a realizar	Hora inicio	1 2 3 4 5 6 1 2 3 4 5 6 1 2 3 4 5 6 1 2 3 4 5 6 1 2 3 4 5 6													
	Hora fin														
1 Mantenimiento sopladora 6															
1 Desmontaje	8:00 AM	9:00 AM													
2 Limpieza	9:00 AM	11:00 AM													
3 Lubricación	11:00 AM	12:00 PM													
4 Montaje	12:00 PM	1:30 PM													
2 Mantenimiento sopladora 8															
1 Desmontaje	8:00 AM	9:30 AM													
2 Limpieza	9:30 AM	1:10 PM													
3 Lubricación	1:10 PM	2:40 PM													
4 Montaje	2:40 PM	4:10 PM													

Fuente: elaboración propia.

Se presenta en la figura anterior la propuesta del formato para los programas de mantenimiento preventivo, el cual, debe de ser manejado por el programador de la producción junto con el área de mantenimiento, de tal manera que, se programe cada mantenimiento en función de la vida útil de las piezas y la disponibilidad del recurso humano por el alto porcentaje de merma que es generado por fallo de máquina.

Se recomienda hacer para cada máquina un mantenimiento mensual y debe de tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Desmontaje de moldes, pinzas, varillas de calibración.
- Limpieza de cada una de las piezas con aditivos especiales.
- Evaluación del estado de cada pieza.
- Cambio de piezas obsoletas.
- Lubricación de piezas especiales.
- Montaje de piezas en máquina.
- Calibración de máquina.

Con la implementación del plan, el involucramiento de todas las partes será fundamental para la mejora continua, porque este plan puede ser detallado a nivel de actividad y utilizarse para toda la maquinaria de la empresa.

Derivado de un trabajo de calidad en máquina, se asegura la estabilidad de la misma y contribuye en la utilización estrictamente de los recursos necesarios, generando un ahorro en repuestos y suministros que a su vez disminuirá el porcentaje de merma por fallo de maquinaria.

5.1.1.2. Inventario de repuestos

La sustitución de piezas en una máquina que opera 24 horas por día es indispensable, debido a que las piezas sufren desgaste por el tiempo de uso y sin duda son necesarias para no parar la operación.

Junto con el plan de mantenimiento que se plantea en el punto 5.1.1.1, se hace propuesta del formato para actualizar la información de entradas y salidas de los repuestos a utilizar, mostrada en la figura 14, que proporciona la visual de los consumos y los inventarios semanales reportados en el sistema de gestión

Figura 13. **Propuesta del formato de validación de inventarios**

TIPO DE PRODUCTO		DESCRIPCION	Mes			Mes			Mes						
			SEM 01	SEM 02	SEM 03	SEM 04	SEM 05	SEM 06	SEM 07	SEM 08	SEM 09	SEM 10	SEM 11	SEM 12	
Codigo de Material	INFORMACION	INVENTARIO INICIAL	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Descripción	INGRESOS A BODEGA	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Stock de Seguridad	INGRESOS A ALMACEN EXTERNO	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Leadtime de Entrega	SALIDAS DE ALMACEN EXTERNO	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Volatilidad	SALIDAS DE BODEGA	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Promedio de Consumo	INVENTARIO FINAL	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Codigo de Material	INFORMACION	INVENTARIO INICIAL	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Descripción	INGRESOS A BODEGA	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Stock de Seguridad	INGRESOS A ALMACEN EXTERNO	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Leadtime de Entrega	SALIDAS DE ALMACEN EXTERNO	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Volatilidad	SALIDAS DE BODEGA	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Promedio de Consumo	INVENTARIO FINAL	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Codigo de Material	INFORMACION	INVENTARIO INICIAL	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Descripción	INGRESOS A BODEGA	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Stock de Seguridad	INGRESOS A ALMACEN EXTERNO	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Leadtime de Entrega	SALIDAS DE ALMACEN EXTERNO	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Volatilidad	SALIDAS DE BODEGA	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Promedio de Consumo	INVENTARIO FINAL	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Fuente: elaboración propia.

Se presenta la propuesta del formato para el control de consumos e inventarios, este formato es un modelo de reposición de productos y es fundamental al ejecutarse el plan de mantenimiento para lograr abastecer al área de mantenimiento de repuestos y suministros mensualmente y no entorpecer la realización de mantenimientos preventivos y correctivos.

Este modelo posee varias categorías, una de ellas es la identificación de cada material, para cada uno de los materiales a controlar por medio del modelo de reposición, por tanto, se solicita el código y la descripción del mismo para llevar un orden y control de los materiales que tienen mayor movimiento en el inventario.

Para que el programa de mantenimiento sea exitoso, la existencia de repuestos y suministros es fundamental, por tanto, en la herramienta propuesta se debe calcular un *stock* de seguridad por cada material y deberá ser calculado con base en el producto entre la volatilidad, un factor adimensional estadístico y la raíz cuadrada del lead time establecido por el cliente.

El factor estadístico es calculado en el programa de Excel con la función "NORM.S.INV" que corresponde al valor z este factor está en función de una probabilidad, la probabilidad es definida según la participación global de los repuestos y suministros, este criterio deberá ser definido por la empresa en función de la rotación de los inventarios de repuestos y suministros.

El lead time de entrega será definido por el proveedor en unidad tiempo, correspondiente a semanas y deberá ser analizado y actualizado cada mes por el área de suministros y repuestos.

La volatilidad se traduce en la variabilidad que puede tener el consumo de repuestos y suministros, por tanto, se calcula el dato por medio de la desviación estándar del histórico de datos y el promedio de consumo será calculado de los últimos 6 meses.

5.1.2. Capacitación al personal

Para la consecución de la disminución del porcentaje de merma en el proceso de fabricación de envases flexibles, debe de capacitarse al personal que está directamente relacionado con la operación y esto contribuirá en la disminución del desperdicio y en la identificación del personal con los objetivos de la organización.

Para que la capacitación sea efectiva, deberá de aplicarse un método y técnica adecuada en función de las observaciones y los datos propuestos en el capítulo cuatro de este trabajo, se recomienda utilizar el método de capacitación en el trabajo y la técnica de aprendizaje en acción, los cuales se detallan en el siguiente punto.

- Método de capacitación en el trabajo: este método tiene un enfoque práctico, por ende, este tipo de capacitación se da en el área de trabajo, ya que se utilizan los materiales necesarios para fabricar el producto.
- Técnica de aprendizaje en acción: consiste en hacer trabajar a los participantes durante la capacitación.

5.1.2.1. Guías de recetas

La guía de recetas está compuesta de los parámetros básicos definidos en el capítulo cuatro de este informe y se plantea una lista de actividades a realizar por la empresa en función del método y la técnica recomendada en el punto 5.1.2. Para ejecutar la capacitación mencionada.

Tabla XXXII. Lista de actividades

Pasos a seguir	Relación con estudio
1. Identificar la necesidad de la empresa estudiada.	Analizar los puntos que generan mayor desperdicio en el proceso de fabricación de envases flexibles.
2. Definir los objetivos de la capacitación.	Disminución del porcentaje de merma en el proceso de fabricación de envases flexibles.
3. Definir a quien va dirigida la capacitación.	Operadores de máquina.
4. Elegir el método de capacitación según recursos asignados.	Método: capacitación en el trabajo. Técnica: aprendizaje en acción.
5. Comunicar detalles de capacitación al personal.	Comunicar el día la hora y el lugar exacto para la capacitación.
6. Ejecución de la capacitación.	El ingeniero de procesos el jefe de área y el programador de la producción deberán de liderar la capacitación.

Fuente: elaboración propia.

Se presenta la lista de actividades a realizar para la ejecución de la capacitación al personal es importante detallar a criterio de la empresa estudiada cada actividad y realizar un plan en función de los recursos asignados para la capacitación mencionada, estas actividades serán las que deben de ser desarrolladas por el capacitador y presentadas al personal de la empresa en función del método y la técnica recomendada debido a que es la que mejor se adecúa.

El realizar la capacitación traerá beneficios para todas las partes de la empresa, debido a que agilizará la toma de decisiones por parte del área operativa, aumentará su liderazgo y permitirá poseer personal mejor calificado y en cumplimiento con el objetivo general de la investigación, disminuirá el porcentaje de merma generado en el proceso de fabricación de envases flexibles para el ahorro de costos y aumento de competitividad.

5.1.3. Costos

La mejora continua va de la mano con una inversión, que se verá reflejada en los costos, en virtud de los hallazgos obtenidos en la investigación, se detallan los principales costos ocultos post implementación de la guía de recetas.

5.1.3.1. Insumos de mantenimiento de maquinaria

Se detallan los costos de los insumos básicos para la ejecución de mantenimientos preventivos en la maquinas sopladoras de envases flexibles.

Tabla XXXIII. **Costo unitario de insumos para mantenimiento**

Texto breve de material	Costo por unidad
Aceite hidraulico	Q 79,55
wippe en retazo (lbs.)	Q 24,55
Jabon crema Citrus (gls)	Q 107,94
Esponja Scotch brite para lavar	Q 2,59
Lija p/hierro 80 (lona)	Q 4,33
Grasa multiproposito timken gr217	Q 41,89
Thinner laca (gls)	Q 25,89
Escoba plástica	Q 33,08
Silicone transparente (cartucho)	Q 16,25
Tizas blancas para marcar	Q 1,35

Fuente: elaboración propia.

Los costos de los insumos para mantenimiento quedan sujetos a los múltiples usos que se les dé a los materiales básicos para mantenimientos preventivos y correctivos, para esto se recomienda con base en el presupuesto establecido por la empresa, definir el costo total anual según el consumo de los materiales, los datos del precio unitario de cada insumo fueron brindados por la empresa estudiada.

5.1.3.2. Servicio de mantenimiento

Se detallan los costos por servicio de mantenimiento generados de los mantenimientos preventivos de las maquinas sopladoras de envases flexibles.

Figura 14. **Costos fijos de servicio de mantenimiento**

Costos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Salario mecánico 1	Q 5 020,60											
Salario mecánico 2	Q 5 020,60											
TOTAL	Q 10 041,2											

Fuente: elaboración propia.

Se presenta en la figura anterior los costos fijos que se derivan del mantenimiento preventivo para cada máquina sopladora, estos se dosifican dentro del salario de dos personas que forman parte del equipo de mantenimiento los cuales tienen asignadas dentro de sus atribuciones en la planta, los mantenimientos preventivos a la maquinaria debido a la experiencia que ya tienen en dichas máquinas.

Para calcular los datos de la figura anterior, se tomó en cuenta el salario mínimo actual Q 90,16 por día, más la cantidad de horas extras por mes correspondiente a 120 horas, este costo deberá ser dosificado en el costo del mantenimiento de toda la maquinaria existente en planta, por lo que para las sopladoras en específico deberá de disminuir el costo.

5.1.3.3. Capacitación personal operativo

Se detallan los costos de capacitación con base en el método de capacitación de recetas propuesto en el punto 5.1.2.1. Guía de recetas, para la corrida por presentación se tomó la corrida mínima, el precio de preforma fue tomado del promedio de los datos brindados por la empresa.

Tabla XXXIV. Costo de capacitación guía de recetas

Presentación	Corrida (Un)	Precio MP	Costo por desperdicio MP	Tiempo. Prepa (h)	Tiempo de corrida (h)	Costo de OCIO de M.O.	Total Costo
Envase 355 ml	5 000	Q 0,45	Q 2 250,00	2,5	1	Q146,51	Q 2 396,51
Envase 600 ml	5 000	Q 0,45	Q 2 250,00	2,5	1	Q146,51	Q 2 396,51
Envase 1,5 L	5 000	Q 0,45	Q 2 250,00	2,0	1	Q135,24	Q 2 385,24
Envase 2,0 L	5 000	Q 0,45	Q 2 250,00	2,0	1	Q135,24	Q 2 385,24
Envase 2,5 L	5 000	Q 0,45	Q 2 250,00	2,0	1	Q135,24	Q 2 385,24
Envase 3,0 L	5 000	Q 0,45	Q 2 250,00	2,0	1	Q135,24	Q 2 385,24
Total	30 000	3	Q 13 500,00	13	6	Q833,98	Q14 333,98

Fuente: elaboración propia.

Se refleja en la tabla anterior los costos ocultos por capacitar al personal con la guía de recetas, el costo por desperdicio de materia prima es el producto de la corrida por presentación y el precio de preforma, los tiempos de set ups se

obtuvieron por el método de observación, se definió costo de ocio al tiempo que el operario no está siendo productivo en planta y el dato se determinó del producto de las horas ocio, el salario mínimo por hora y 4 supervisores que serán capacitados.

El costo total de la capacitación incluyendo todos los costos ocultos es de Q 14 334 este dato queda a consideración del encargado de planta, debido a que puede incrementar el número de personas a capacitar.

5.2. Medición y evaluación de las mejoras

Es necesario después de toda implementación, medir y evaluar el proceso para determinar los resultados post implementación, estos resultados deben de ser interpretados y analizados por los encargados de planta para la toma de decisiones, por ello, en esta sección se recomienda el uso de indicadores de producción para medir el porcentaje de merma y la productividad de la empresa

5.2.1. Encuesta a personal

Después de la implementación, se necesitan herramientas para la validación de la mejora en los procesos productivos, para la disminución del porcentaje de merma, la encuesta es una herramienta funcional que permite acercarse a los resultados y a la percepción del personal de planta, para darle el seguimiento adecuado a la implementación y continuar buscando las mejora de los procesos productivos, se plantea un modelo de encuesta. Ver apéndice 2.

5.2.2. Indicadores de producción

Los indicadores de producción son los parámetros utilizados por el área de manufactura para poder medir, evaluar y darle seguimiento adecuado a cada uno de los procesos productivos, por ello, en esta sección se proponen dos indicadores básicos que miden especialmente la evolución de los procesos.

Para la empresa, le puede ser de provecho empezar a trabajar con dos indicadores puntuales con relación al proceso de fabricación, el porcentaje de merma que contribuirá a medir y controlar el desperdicio generado en el proceso y la productividad para medir la relación de lo producido y lo necesitado para producir, esto permitirá evaluar la eficiencia y el rendimiento de los procesos productivos en la planta de producción.

Estos indicadores al ser comparados con un nivel de referencia permitirán encontrar desviaciones en los procesos y se deberán tomar decisiones correctivas o preventivas según sea el caso, con el fin de alcanzar el resultado deseado de la disminución del porcentaje de merma.

5.2.2.1. Porcentaje de merma

Se detalla una propuesta del formato adecuado para el seguimiento del porcentaje de merma en el proceso de fabricación de envases flexibles el cual detalla la información necesaria por medio de lote para poder ubicar de manera más profunda las producciones.

Se presenta en la tabla anterior la propuesta del formato para medir el porcentaje de merma de todas las presentaciones, este formato deberá ser llenado por la persona que esté supervisando el área de trabajo en la planta de producción y deberá de ser utilizado un formato para dar control y seguimiento a las producciones por semana, colocando el lote para que sea identificada cada producción, como se indica en la figura 16. Para completar el llenado del formato se necesitan los siguientes datos:

- Producción de primera: esta producción es la cantidad reportada al sistema de gestión que cumple con todas las especificaciones atribuidas al producto.
- Merma (Un): en este caso, el término hace referencia a los envases que por causas de ajustes de receta y fallos de maquinaria generalmente salen defectuoso del proceso.
- Producción no conforme (NC): este será el producto que no cumple con alguna especificación del sistema de gestión de calidad utilizado.

Con la consecución de estos datos, se puede calcular el porcentaje de merma correspondiente, el cual, será la relación entre el desperdicio que es la suma de la merma y el producto no conforme, con la producción total que corresponde a la suma del producto de primera, merma y producto no conforme. En función del porcentaje meta establecido por la empresa estudiada que correspondiente a 0.5 %, deberán de tomar las acciones necesarias para reducir el porcentaje, cuando este se encuentre arriba del porcentaje permitido.

Con los datos del formato, se deberá de armar un maestro de datos en Excel, para darle trazabilidad y seguimiento a las producciones con mayor problema de generación de merma, el formato del archivo de Excel a utilizar es

también el formato propuesto en la figura 16, este deberá ser elaborado por el digitador de turno.

Con la aplicación de la capacitación de la guía de recetas, se atacará la causa ajuste de receta que genera el 35 % de merma, por tanto, se espera disminuir el porcentaje de merma actual, contribuyendo en la disminución de costos por desperdicio de materia prima.

5.2.2.2. Productividad

El indicador de productividad es de vital importancia para toda empresa, ya que permitirá conocer el rendimiento y la eficiencia de cada proceso.

Debido a la generación de merma en el proceso de fabricación de envases flexibles, debe de evaluarse constantemente en que magnitud los recursos desperdiciados tienen incidencia en la productividad global y derivado de este indicador tomar las acciones necesarias para disminuir el porcentaje de merma, para alcanzar el porcentaje meta y aumentar la productividad de la empresa.

Derivado del análisis realizado, se detalla una propuesta de la matriz básica para la medición del indicador de productividad, con base en la relación entre los bienes conseguidos y los factores utilizados para la consecución de dichos bienes, en esta matriz se debe de identificar cada producción por lote, de esa manera se le dará el seguimiento y trazabilidad adecuada a cada uno de ellos.

Se presenta en la tabla anterior la propuesta de la matriz para la medición de la productividad del proceso, para el cálculo de la misma se necesitan varios factores, estos factores serán detallados en esta sección en dos ramas principales, la producción obtenida y los insumos utilizados para la consecución de la producción mencionada, la relación utilizada para la productividad es la siguiente:

$$Productividad = \frac{Producción}{Insumos}$$

Para calcular el primer factor correspondiente a la producción obtenida se necesitará realizar el producto de dos datos esenciales, detallados en los siguientes puntos.

- Producción de primera: esta producción es la cantidad reportada al sistema de gestión que cumple con todas las especificaciones atribuidas al producto.
- Precio de venta: valor monetario asignado al producto.

Para calcular el segundo factor correspondiente a los insumos utilizados se necesitará la suma de los siguientes factores.

- Costo MO: este factor será el producto del número de trabajadores en la estación de trabajo y el salario remunerado total por el tiempo estudiado.
- Costo de MP: este factor, es el producto de la materia prima total utilizada, es decir, la suma de la producción de primera, merma y producto no conforme, con el costo de la materia prima.

- Costo de fábrica: este será el costo de mantener la maquinaria en funcionamiento.

Ya definidos los criterios para el uso de la matriz se recomienda llevar esta matriz en un maestro de datos de Excel, esto permitirá darle seguimiento a todas las producciones realizadas y registradas en este maestro y dará lugar a la flexibilidad del cálculo de la productividad por semana, mes y año.

El indicador de productividad tiene variables que pueden ser controladas dentro del proceso de envases flexibles, con la disminución de la merma, se desperdiciará menos materia prima, por tanto, hará la planta más productiva y reducirá costos por desperdiciar materia prima.

Los indicadores de producción son vitales para la evaluación y la medición de los procesos, si el porcentaje de merma disminuye, la productividad global del proceso deberá de aumentar y hacer eficiente el proceso.

CONCLUSIONES

1. Se analizó mediante los distintos métodos estadísticos y los métodos de causa raíz correspondientes al proceso de fabricación de envases flexibles, que dos causas de nueve estudiadas, representan el 22 % y generan el 91 % de merma dentro del proceso productivo, por tanto, se concluye que existe una oportunidad de mejora continua en el proceso que puede representar ahorros en unidades monetarias de Q5 000 hasta Q25 000 por cada lote de producción, que aportará una reducción significativa en el porcentaje real de merma para alcanzar la meta.
2. Se identificó mediante el estudio del proceso de fabricación de envases flexibles, los puntos que son críticos en cada etapa del proceso, estos se detallaron en 3 etapas fundamentales de un proceso productivo la entrada al sistema, la transformación dentro del sistema y la salida del sistema, definida esta división se considera que el área de oportunidad de mejora se encuentra en la transformación del sistema, porque existe una mayor cantidad de variables a controlar.
3. A través del análisis estadístico realizado, se determinó para cada uno de los productos estudiados, el porcentaje de desperdicio representativo a cada lote de producción y mediante un análisis global de desperdicio, donde se tomó en cuenta la producción global en función del porcentaje meta de desperdicio establecido por la empresa en la línea de productos de 1,5 L a 3,0 L, se sobregira el porcentaje 500 % respecto del porcentaje meta y en la línea de productos 355 ml a 600 ml se sobregira

100 %, dados estos porcentajes se tiene un costo de oportunidad del 66 % que representan más de Q 25 000 00.

4. Las causas analizadas mediante el uso de herramientas de causa efecto y gráficos, contribuyó para identificar las causas principales que generan el 91 % del desperdicio en el proceso, de las cuales, se concluye que el 56 %, se debe a la falta de mantenimiento en la maquinaria de soplado y el 35 % restante se debe a la falta de parámetros básicos y los esfuerzos de la empresa deben de enfocarse al método y a la maquinaria para reducir los costos de oportunidad y el desperdicio de materia prima.
5. Se categorizó cada una de las variables que inciden en la generación de desperdicio dentro del proceso de fabricación de envases flexibles y se establecieron rangos de clasificación, en función del porcentaje de oportunidad establecido en el análisis de causas, fallo de maquinaria y ajustes de receta son las causas críticas, para las cuales se estableció una guía de parámetros básicos y la propuesta del plan de controles necesarios para la disminución del porcentaje de desperdicio.
6. Se desarrolló la propuesta del plan de controles y se planteó derivado de los puntos críticos, el uso de formatos y matrices para la evaluación de la merma, donde se podrá dar trazabilidad semanal a cada causa y medir la productividad que está directamente relacionada con el desperdicio, que a su vez, permitirá encontrar áreas de mejora en el proceso. Para el ajuste de receta, se desarrolló una guía de parámetros básicos y se tomó en cuenta el costo de ejecución de la misma alrededor de Q14 335,00 junto con el mejor método de ejecución para la capacitación al personal e implementación de la propuesta.

RECOMENDACIONES

1. El jefe de producción debe analizar los casos puntuales e inusuales de merma generados dentro del proceso de fabricación, dar el seguimiento adecuado y retroalimentar puntos de mejora desde que ingresa la materia prima a la maquinaria hasta que se empaqueta el producto final, a través de las causas encontradas en el formato de evaluación de merma que se genera diariamente al finalizar cada turno, planteando los costos de oportunidad reflejados por horas y materia prima desperdiciada por cada lote de producción para lograr identificar con el porcentaje meta de merma a cada trabajador.
2. Es importante actualizar e identificar por mes la permanencia de los puntos críticos, la mitigación debido a las acciones correctivas de los puntos y rastrear la aparición de nuevos puntos críticos dentro del proceso, por tanto, se recomienda al Ingeniero de proceso actualizar y analizar la información mediante los formatos de merma generados al final de cada turno.
3. Recordar que los procesos no son perfectos y existe un porcentaje de desperdicio en el área productiva, este debe de ser controlado para no sobrepasar los porcentajes de desperdicio meta establecidos por la empresa, se recomienda al ingeniero de procesos dar seguimiento y control a las producciones semanales, por tanto, se debe realizar un análisis estadístico para encontrar el porcentaje de desperdicio generado por semana y en función de los resultados, tomar acciones

correctivas, cuando el dato obtenido supere el porcentaje meta de generación de desperdicio.

4. Mencionar que se existen causas comunes que generan desperdicio por los métodos de trabajo utilizado y deben de estandarizarse los parámetros y condiciones de trabajo para asegurar la reducción del desperdicio generado, por tal razón, se recomienda al ingeniero de procesos analizar cada causa encontrada basado en las 6'Ms y un análisis con el gráfico Pareto por mes de las causas principales de generación de desperdicio, para plantear acciones correctivas adecuadas a cada caso.
5. Es necesario que el departamento de planeación junto con el ingeniero de proceso, le den trazabilidad a los fallos de maquinaria y realice las acciones correctivas y preventivas para asegurar que la maquinaria funcione a ritmo de su capacidad y sea constante en la fabricación, para ello se recomienda que el jefe de mantenimiento categorice las variables por nivel de criticidad, planifique los mantenimientos preventivos mediante el formato para la programación de mantenimientos preventivos y preparé los recursos necesarios para realizar como mínimo un mantenimiento al mes por cada máquina sopladora
6. Para asegurar el correcto funcionamiento de la maquinaria en el proceso de soplado de envases flexibles, se recomienda al jefe de suministros controlar los inventarios de repuestos y suministros mediante un modelo de reposición de inventario denominado MRP, recomendada en el capítulo 5, este se debe de actualizar el primer día hábil de trabajo y permitirá realizar las gestiones de compra de manera

anticipada para abastecer a mantenimiento y producción en los mantenimientos correctivos y preventivos.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANGUITA, Ramón. *Extrusión de plásticos*. Madrid: H. Blume ediciones, 1977. 247 p.
2. BIBIESCAS SILVA, Francisco Arturo. *Optimización de la productividad en la industria de los plásticos de la cd. Juárez*. Revista internacional administración y finanzas volumen 4 número 2, 2011. 22 p.
3. CADENA RUEDA, Cesar Leonardo. *Diseño de una maquina inyectora de plástico*. Escuela de Ingeniería Mecánica. Universidad Industrial de Santander, 2006. 119 p.
4. *Calderas del Norte S.A. de CV México DF Inspection and Insurance Co.* [en línea]. <<http://www.calderasdelnorte.com>>. [Consulta: noviembre de 2017].
5. CELEMÍN DUERO, Carlos Andrés. *Medición del impacto del programa de merma ofrecido por Carrefour Colombia a los empleados de las diferentes áreas por medio del modelo de donal kirkpatrick*. Trabajo de graduación de Administración de empresas. Pontificia Universidad Javeriana, 2010. 50 p.
6. CORNISH ALVAREZ, María Laura. *ABC de los plásticos*. Departamento de diseño industrial. gráfico y textil. México. D.F. Universidad Iberoamericana, 1997. 138 p.

7. CUESTAS RIVERA, Helmer Rolando. *Guía de la instalación y montaje de máquinas de soplado e inyección de plástico*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2011. 142 p.
8. HACHÍ QUINTANA, José Gabriel. *Estudio de factibilidad para reciclar envases plásticos de polietileno tereftalato (PET) en la ciudad de Guayaquil Ecuador*. Tesis previa a la obtención del título de Ing. Industrial. Universidad Politécnica Salesiana Ecuador, 2010. 237 p.
9. KURZ, Gunter. *Cloruros de polivinilo*. Programa de asesoría ASTIN unidad de industria- cali, 1985. 10 p.
10. LADERA HERNÁNDEZ, Juan Isaías. *Estudio técnico-económico para la instalación de una planta de soplado de envases pet*. [en línea]. <<https://es.slideshare.net/juladera/16-presentacion-proyecto-pet-ca-ei-v2>>. [Consulta: noviembre de 2017].
11. LOKERNSGARD, Erick. *Industrial plastics theory and applications*. 4a ed. Michigan USA: Thomson Delmar learning, 2004. 517 p.
12. MARTÍNEZ SEBASTIÁ, Pilar. *Polímeros termoplásticos de altas prestaciones*. Revista plásticos modern+D2OS. 2018. 124 p.
13. PELAEZ ALVAREZ, Marina. *Programa de control y reducción de desperdicios de papel en una imprenta de prensas rotativas*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2004. 135 p.

14. PIEDRAFITA ARILLA, Isabel. *Mejora de la productividad para una línea de envasado*. Tesis para obtener el título universitario de Ing. Industrial. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Barcelona, 2009. 140 p.
15. RAMOS G, José Constancio. *Optimización de operaciones en la línea de producción para incrementar la productividad y disminuir el desperdicio*. Trabajo de graduación para el grado de Maestro en Ciencias de la Administración con especialidad en Producción y Calidad. Universidad Autónoma de Nuevo León, 2001. 98 p.
16. REAL, Magali. *Preparación y caracterización térmica y mecánica de mezclas PET-reciclado / poliolfenas*. Centro catalán de plástico. España, 2009. 50 p.
17. TAMBORERO, Jorge. *Envases plásticos condiciones generales de seguridad*. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España, 1990. 5 p.
18. *Textos científicos PET*. [en línea]. <<http://www.textoscientificos.com/polimeros/pet>>. [Consulta: noviembre de 2017].
19. VICHIQUE TECALCO, Sergi. *Reciclaje de envases de plástico PET un indicador de desarrollo sustentable caso municipio de Atizapán de Zaragoza estado de Mexico*. (2007- 2008). Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Comercio y Administración, 2010. 156 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Formato de evaluación de merma

Sacos Agroindustriales S.A.				
Fecha:	16/09/2016			
Responsable:	César Fernando Castillo Posadas			
Hora inicio:	08:00 a. m.	Hora final:	06:00 p. m.	
Peso preforma:	52 Cristal	Cantidad utilizada(bolsas):	4.5	
Maquina:	SBO6	Capacidad horno(preformas):	85	
Presentación:	2,5 lt			
Lote:	1609152CB25CC			
FORMATO CLASIFICACIÓN DE MERMA				
Etapa	Merma (si/no)	Peso(kg)	Causa	Observaciones
Fallas maq. 6:30 a.m. a 10:30 a.m.	si	11	por dobles o aplastado, perla	
Fallas de maq. 10:30 a.m. a 02.00 p.m.	si	13	por dobles o aplastado, perla	
Fallas de maq. 02:00 p.m. a 04:30 p.m.	si	9		
Ajustes 6:30 a.m. a 4:30 p.m.	si	27		
Etiqueta	si			
Control de calidad	si	5		
			Se observó un tiempo de 2 horas de ocio por reparaciones en máquina.	
TOTAL				65 kg

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Encuesta post implementación de recetas

1 Datos del personal

Nombre: _____ Teléfono: _____
Puesto: _____
Tiempo en puesto: _____
e-mail: _____

2 ¿Ha observado mejora en la maquinaria luego de la implementación de la guía de recetas?

Sí No

3 ¿Los Kg de merma han disminuido con la aplicación de la guía de recetas?

Sí No

4 ¿La maquinaria sigue fallando con la misma frecuencia ?

Sí No

5 ¿Los paros de maquina han sido por ajustes de receta?

Sí No

6 ¿En que causa se presentan la mayoría de problemas?

Ajustes de receta Etiquetadora
 Fallo de maquinaria Control de calidad
 Otros _____

7 ¿Los mantenimientos preventivos se llevan a cabo según el programa de mantenimiento?

Sí No

Firma: _____

Fuente: elaboración propia.