

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROYECTO PARA OPTAR POR EL  
GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLERATO EN INGENIERÍA  
INDUSTRIAL**

**PROPUESTA DE MEJORA PARA LA  
REDUCCIÓN DEL PORCENTAJE DE  
DESPERDICIOS DE PRODUCTO  
TERMINADO EN ÁREAS  
PRODUCTIVAS DE PLASTICARVA S.A.,  
HEREDIA, COSTA RICA PARA EL  
PRIMER SEMESTRE DEL 2019**

**Sustentante:**

**Manuel Esquivel Segura**


**Tutor:**

**Federico Salazar Jiménez**

**Marzo, 2019**

## DECLARACIÓN JURADA

Yo **Manuel Esquivel Segura**, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número **4-0226-0435** egresado de la carrera de **ingeniería industrial** de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de este acto y debidamente apercibido y delito de perjurio, ante quienes constituyen el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de **bachiller** juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: **Propuesta de mejora para la reducción del porcentaje de desperdicios de producto terminado en áreas productivas de Plasticarva S.A, Heredia, Costa Rica para el primer semestre del 2019**, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las leyes penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982; incluyendo el número 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que estos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde el perjurio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante notario público. En fe de lo anterior, afirmo en la ciudad de **Heredia**, a los **6** días del mes de **Noviembre** del año dos mil **dieciocho**.



---

Firma del Estudiante

Cedula

**PLASTICARVA S.A**

Heredia, 6 de Noviembre 2018

Señores  
Campus Heredia  
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

Por este medio les saludo y a la vez, hago constar que **Manuel Antonio Esquivel Segura**, portador de la cedula de identidad **4-0226-0435**, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, será recibido con gran agrado en nuestra institución PLASTICARVA S.A para el desarrollo de su proyecto de graduación tesina.

De esta manera quedo atento ante cualquier consulta al teléfono: 2269-88-81 se despide muy cordialmente,

  
Gerente

**Plasticarva S.A.**  
06 NOV 2018  
Tel: **2269-8881**

Heredia, 29 de junio de 2018.

**Señores  
Registro  
Universidad Hispanoamericana**

Estimados señores:

La estudiante Manuel Esquivel Segura, cédula de identidad número 4-0226-0435 me ha presentado, el trabajo de investigación denominado: "PROPUESTA DE MEJORA PARA LA REDUCCIÓN DEL PORCENTAJE DE DESPERDICIOS DE PRODUCTO TERMINADO EN ÁREAS PRODUCTIVAS DE PLASTICARVA S.A, HEREDIA, COSTA RICA PARA EL PRIMER SEMESTRE DEL 2019", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.


En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría de todos los capítulos del documento y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación, antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos, conclusiones y recomendaciones, las cuales fueron concluidas a la satisfacción por la estudiante.

De los resultados obtenidos por la postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINALIDAD DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	20%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	30%	28%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	18%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEÓRICO	20%	17%
	TOTAL		93%

En virtud de la calificación obtenida, se aprueba el proyecto de graduación, por lo que se puede realizar el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

*Firma*   
**Nombre del profesor... Federico Salazar Jiménez.**  
**Cédula... 1-0914-0803**  
**Carné del Colegio 1782.**

Heredia, 10 de Agosto del 2019.

**Señores**

**Registro**

**Universidad Hispanoamericana**

Estimados señores:

El estudiante Manuel Esquivel Segura, cédula de identidad 4-0226-0435, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: Propuesta de mejora para la reducción del porcentaje de desperdicios de producto terminado en áreas productivas de PLASTICARVA S.A, Heredia, Costa Rica para el primer semestre del 2019, el cual ha elaborado para optar por el grado de Bachillerato en ingeniería Industrial.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente, lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y el análisis de datos; la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre estos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública posterior a la revisión del Filólogo establecida.

Atentamente,

**Nombre del profesor:** Edwin Vargas León

**Cédula:** 401670771

**Carné del Colegio:** IPI-18468

**Firma:** 

16 de agosto de 2019

A quien corresponda

Leí y corregí el Trabajo Final de Graduación denominado: *Propuesta de mejora para la reducción del porcentaje de desperdicios de producto terminado en áreas productivas de Plasticarva S.A., Heredia, Costa Rica para el primer semestre del 2019*, elaborado por el estudiante Manuel Esquivel Segura para optar por el Grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

Corregí el trabajo en aspectos tales como: construcción de párrafos, vicios del lenguaje que se trasladan a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico, y desde ese punto de vista considero que está listo para ser presentado como trabajo final de graduación, por cuanto cumple con los requisitos establecidos por la Universidad Hispanoamericana.

Se suscribe cordialmente,



---

Mario Boza Chacón  
Licenciado  
Carné No. 5034  
Profesor - Filólogo

## Resumen Ejecutivo Y Artículo Publicable

Esquivel Segura Manuel, Universidad Hispanoamericana, junio, 2019, Propuesta de mejora para la reducción del porcentaje de desperdicios del producto terminado en áreas productivas de Plasticarva S.A., ubicada en Heredia (Proyecto de graduación para optar por el bachillerato en Ingeniería Industrial).

En este proyecto se mencionan las propuestas para la línea de termoformado en la empresa PLASTICARVA S.A., 2019, debido a que dicha línea presenta considerables pérdidas por un alto porcentaje que corresponde a un 25 % de desperdicios, dicho porcentaje se dio a conocer por parte de la empresa dado que se encuentran en la base de datos confidencial de esta.

Se debe tener en cuenta que del 25 % de producto defectuoso por mes, únicamente el 17 % será objeto en estudio debido a que representa el margen de pérdidas económicas.

Como objetivo general se propone *Reducir el porcentaje de desperdicios mediante una propuesta de mejora del proceso de formado de los galones plásticos PVC, para el cumplimiento de la productividad en la empresa Plasticarva S.A.*

En primera instancia se realizó un diagrama de Ishikawa y un flujo de proceso para poder conocer, definir e identificar cuáles son los factores que lo afectan y, de esta manera, brindarle una solución a la problemática encontrada.

Las causas con mayor impacto que afectan al proceso de la línea de termoformado y se consideran críticas para la fabricación del galón de PVC son: falta de capacitación del personal con lo que respecta a la configuración y manipulación de la inyectora 747, control de calidad como también la falta de equipos y herramientas de medición para realizar esta tarea y, finalmente, un documento que respalde la trazabilidad del galón elaborado.

La solución para la problemática presenta en la línea de termoformado consta de 1 propuesta en 4 etapas que son:

1. Manuel de procedimientos.
2. Manual de inspección de calidad.
3. Herramienta de medición.
4. Documento de trazabilidad.

Cada una de estas etapas se describe el procedimiento y en la manera que se debe realizar para la correcta implementación de la propuesta 1 para la línea de termoformado.

Sin embargo, el enfoque de esta propuesta va asociada a la reducción de costos por producto defectuoso (devoluciones), de tal manera que, a través de la implementación de manuales y herramientas de medición para el personal de la línea de termoformado, se busca establecer nuevos controles y mejoras de los procesos de fabricación del galón tipo jarra en la empresa propiciando un mayor control por parte de la jefatura sobre su personal y procesos y, además, poder brindarle un seguimiento apropiado y confiable al producto que esta compañía confecciona.

## Dedicatoria

Este proyecto va dedicado, de manera especial, a mis padres y hermanos, quienes fueron los principales cimientos para la construcción de mi vida profesional, quienes sentaron en mí las principales bases de respeto y deseo de superación y ver reflejado todo su cariño incondicionalmente, apoyo que me ayudó a poder alcanzar esta meta tan anhelada.

## **Agradecimientos**

Ante todo, agradezco a Dios por la oportunidad de realizar esta meta propuesta en mi vida, seguidamente a toda mi familia que me acompañó e impulsó a seguir adelante a pesar de todas las adversidades puestas en el camino.

Toda mi gratitud al ingeniero Federico Salazar Jiménez, profesor y tutor, por todo su apoyo y recomendaciones para poder culminar con la preparación de este proyecto.

# ÍNDICE

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción General del Proyecto.....	2
1.2 Identificación de la Empresa o Institución .....	3
1.3 Planteamiento del Problema .....	7
1.4 Objetivos del Proyecto .....	9
1.5 Alcances y Limitaciones.....	10
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 Marco Conceptual General .....	12
2.2 Marco Conceptual Atiente a la Gestión Del Proyecto .....	27
2.3 Marco Conceptual Referente al Impacto del Proyecto .....	31
2.4 Antecedentes de Proyectos o Experiencias Semejantes.....	32
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO.....	33
3.1 Metodología para la Definición del Problema .....	34
3.2 Metodología para la Medición y Respaldo Cualitativo de Proyecto.....	38
3.3 Metodología para la Propuesta de Mejora, Construcción o Puesta en Práctica de un Nuevo Proceso, Producto o Servicio.....	39
3.4 Metodología para la Implementación del Proyecto .....	41
3.5 Metodología para la Verificación, Aseguramiento, Control y Seguimiento de Resultados .....	44
CAPÍTULO IV LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS .....	45
4.1 Descripción Actual de los Procesos en la Línea de Termoformado .....	46
4.2 Fabricación y Demanda del Galón de Plástico de PVC .....	48
4.3 Diagrama de Causa y Efecto .....	56
4.4 Análisis de Árbol de Fallas.....	65
4.5 Gráfico de Control .....	67
4.6 Oee (Overall Equipment Effectiveness) .....	71
4.7 Situación Actual En La Línea De Termoformado .....	77
CAPÍTULO V DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	79
5.2.1 Etapa 1: Manual de Procedimientos.....	80

5.2.2 Etapa 2: Manual de Inspección de Calidad .....	82
5.2.3 Etapa 3: Herramienta de Medición.....	83
5.2.4 Etapa 4: Documento de Trazabilidad.....	85
5.2.5 Beneficios por Implementación .....	87
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	89
6.1 Conclusiones .....	90
6.2 Recomendaciones .....	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	93
ANEXOS .....	96
Anexo 1 .....	97
Anexo 2.....	99
Anexo 3.....	102
Anexo 4.....	108
Anexo 5.....	112
Anexo 7 .....	115
Anexo 8.....	117
Anexo 9.....	119

## Índice de Gráficos

<b>Gráfico 1.</b> Muestreo de presión .....	68
<b>Gráfico 2.</b> Muestreo de temperatura.....	70

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Organigrama PLASTICARVA S.A. ....	6
<b>Figura 2.</b> Símbolos de procesos.....	13
<b>Figura 3.</b> Diagrama causa y efecto.....	15
<b>Figura 4.</b> Símbolos de árbol de fallas .....	17
<b>Figura 5.</b> Gráfico de control.....	21
<b>Figura 6.</b> Diagrama PLASTICARVA S.A.....	47
<b>Figura 7.</b> Sacos de Polivinilo .....	49
<b>Figura 8.</b> Orden de trabajo .....	50
<b>Figura 9.</b> Manga .....	53
<b>Figura 10.</b> Galón PVC .....	54
<b>Figura 11.</b> Pedidos en bodega .....	55
<b>Figura 12.</b> Causas inmediatas que afectan el proceso .....	56
<b>Figura 13.</b> Árbol de fallas.....	65

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Tipos de tablas de control .....	23
<b>Tabla 2.</b> Tabla OEE .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 3.</b> Tabla de pesos de riesgos .....	63
<b>Tabla 4.</b> Niveles de riesgo .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 5.</b> Muestreo de presión .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 6.</b> Tabla de presión .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 7.</b> Muestreo de presión .....	69
<b>Tabla 8.</b> Tabla de temperatura.....	71
<b>Tabla 9.</b> Datos de producción .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 10.</b> Tabla de indicadores.....	73
<b>Tabla 11.</b> Tabla de resumen .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 12.</b> Tabla de costos operacionales.....	77
<b>Tabla 13.</b> Tablas de pérdidas económicas.....	78
<b>Tabla 14.</b> Beneficios de implementación.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 15.</b> Costos por implementación.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## Acrónimos y Siglas

1. **DPMO:** Defectos por millón de eventos u oportunidades.
2. **Scrap:** Rechazo interno de producción.
3. **SGC:** Sistema de gestión de calidad.
4. **SIX SIGMA:** Metodología para eliminar defectos en cualquier producto o servicio.
5. **PVC:** Denominación por la cual se conoce el policloruro de vinilo, un plástico que surge a partir de la polimerización del monómero de cloroetileno (también conocido como cloruro de vinilo).
6. **OEE:** Eficacia global de los equipos productivos.
7. **Inputs:** Se traduce como las entradas de un proceso productivo para confeccionar los bienes y servicios terminados.
8. **Outputs:** Salida de materia prima o producto terminado de empresa.
9. **Training:** Capacitación o inducción de personal.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Descripción General del Proyecto**

### **1.1.1 El problema y su importancia.**

La importancia de resolver este problema surge con la necesidad de que los métodos utilizados para medir, controlar y verificar por PLASTICARVA S.A. presentan debilidades y carencias en la fabricación de galones plásticos de PVC en presentación de envase tipo jarra.

La razón de analizar y resolver esta problemática se debe a que las inspecciones de calidad que se efectúan en dicha empresa se ejecutan a criterio empírico, en el cual no existe un método de inspección confiable que indique el nivel de la calidad y seguridad con el que se fabrica este producto y, así mismo, evitar el constante rechazo y desperdicio de este; no obstante, no existe un registro que indique las incidencias del producto defectuoso, lo cual dificulta acciones preventivas y correctivas en el futuro de dicho proceso.

Sin embargo, el procedimiento de inspección actual no permite identificar el producto defectuoso en el proceso, puesto que las inspecciones de calidad que se le aplican al producto durante la manufactura son, por parte de los trabajadores, poco eficientes, esto conlleva a que el galón plástico que se le entrega al cliente cuente con inspecciones de calidad mínimas y aumente la probabilidad de ser rechazado.

Es de gran importancia establecer una mejora al modelo de inspección de calidad que permita mantener un control en la elaboración de galones y reducir el porcentaje desperdicio de estos, además de facilitar la compilación y

almacenamiento de información para determinar e identificar las carencias del proceso, garantizar la trazabilidad del galón y, a su vez, pueda suplir con las necesidades requeridas por el cliente final con los que cuenta esta empresa, además, reducir los gastos extra de operación que presenta esta problemática en PLASTICARVA S.A.

## **1.2 Identificación de la Empresa o Institución**

### **1.2.1 Descripción general de la empresa.**

PLASTICARVA S.A. es una empresa que se especializa en la fabricación de plásticos para almacenamiento de productos:

- Químicos
- Consumo humano

Actualmente la compañía cuenta con un área de 1550 metros cuadrados, donde están instaladas las diferentes máquinas para la elaboración de productos plásticos con fines de conservar productos y/o sustancias.

PLASTICARVA S.A. es una empresa líder y consolidada en el proceso de manufactura de plásticos que mediante la elaboración de los diferentes recipientes que fabrican, generan valor agregado, debido a que satisfacen y suplen las necesidades de los clientes.

Algunos clientes principales clientes son:

- Solventes del Norte
- Distribuidora GOYCA S.A.
- PROLIMSA

### **1.2.2 Antecedentes históricos.**

PLASICARVA S.A. es una empresa de capital nacional, la cual debe sus inicios al señor Freddy Carvajal Vargas, dueño y operario dedicado a su oficio, quien visualizó una oportunidad en el mercado viable para satisfacer necesidades a sus clientes con la creación de una empresa, encargada en la elaboración de plásticos de alta gama, iniciando operaciones en el 1995.

Con sus propios ingresos inicia en San Joaquín de Flores en un pequeño local, donde le brindaron la oportunidad de negocio en este mercado con la ayuda de una sola máquina de segunda mano, inyectora de plásticos de un solo molde, proveniente de China, donde esta fue desechada y desarmada, pero decide asumir el riesgo de comprarla y emprender en la industria de la manufactura de plásticos.

Actualmente esta empresa cuenta con 16 colaboradores y está ubicada en Zetillal de Santa Bárbara de Heredia, Costa Rica, donde en el 2002 adquiere un terreno propio y seguidamente hace su traslado de local.

Con el pasar del tiempo fueron integrando elementos que ayudan al posicionamiento de la empresa en el mercado.

**Misión**

“Nuestra misión es proporcionar a nuestros clientes con productos plásticos para almacenaje, manteniendo altos índices de productividad y calidad a través del mejoramiento continuo de nuestros procesos”. PLASTICARVA S.A (2019) Empresa.

**Visión**

“Ser una empresa reconocida a nivel nacional, que ofrece insumos plásticos, que brindan soluciones de empaque de forma inmediata e innovadora a nuestros clientes”. PLASTICARVA S.A (2019) Empresa

Cabe mencionar que esta empresa cuenta con principios en su ambiente laboral y valores que fomentan un ambiente positivo que orientan la visión estratégica y aumenta el compromiso profesional:

- Responsabilidad
- Integridad
- Lealtad
- Disponibilidad al cambio
- Competitividad e innovación
- Evaluación autocrítica

1.2.3 Organigrama PLASTICARVA S.A.

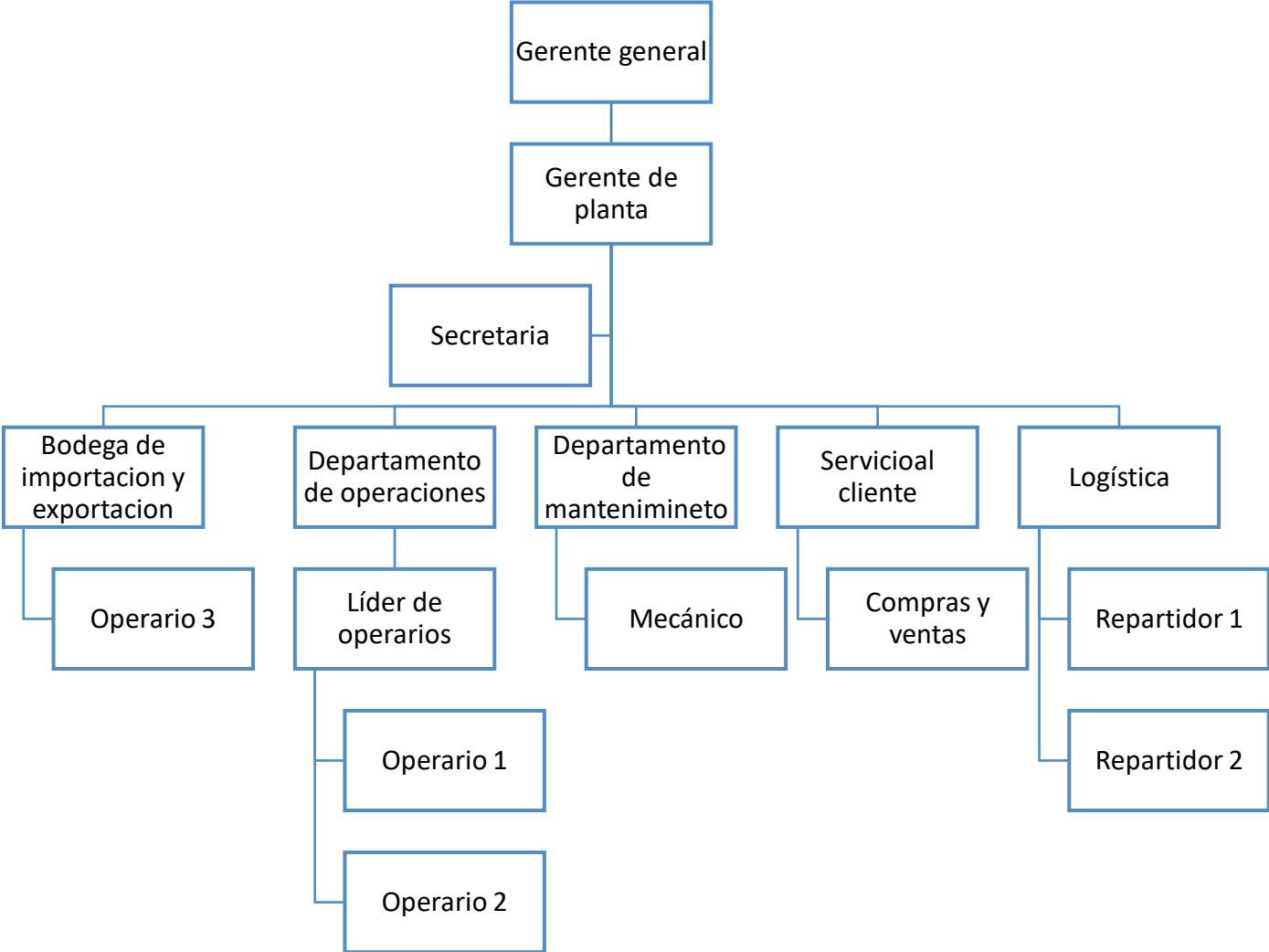


Figura 1. Organigrama PLASTICARVA S.A.

Fuente: PLASTICARVA S.A.

## **1.3 Planteamiento del Problema**

### **1.3.1 Definición del problema.**

En las inspecciones realizadas a la planta de producción se visualiza que en la línea del galón plástico tipo jarra de PVC se están generando costos adicionales en la producción en razón de los desperdicios actuales; por ende, no están cumpliendo los índices de productividad establecidos preliminarmente, lo cual repercute en pérdidas considerables diarias para esta empresa.

Por esta razón se inicia en la empresa un análisis del método de trabajo actual, fomentando la mejora continua al determinar la causa-raíz del problema que arrojan productos defectuosos y reducir el índice de los costos del reproceso y reposición del producto terminado, lo cual aumenta, a su vez, las utilidades de manera significativa.

En las líneas de producción del Departamento de Termoformado es muy común encontrar que en los procesos productivos se obtenga una gran cantidad de productos defectuosos que deben desecharse o, en el mejor de los casos, hacerles un reproceso para que cumplan con las especificaciones debido que la maquinaria utilizada en los procesos es obsoleta y continuamente se le hacen modificaciones y/o adaptaciones, por tanto sus características no están totalmente definidas y los rendimientos obtenidos, sus estándares, son muy variables y no se encuentran documentados. La existencia de cada uno de los desperdicios en la línea de producción se traduce en la reducción o pérdida de efectividad de la línea.

### **1.3.2 Justificación e importancia del problema.**

Este proyecto se sustenta en la necesidad que tiene PLASTICARVA S.A. de mejorar el método de producción actual para el formado del galón plástico de PVC, con el cual se pretende ayudar a contrarrestar el porcentaje de desperdicio que acarrea dicho proceso por consecuencia de malformaciones presentes en el producto y los constantes rechazos de los clientes.

En PLASTICARVA S.A. la revisión de los métodos de producción y calidad debe ser una actividad destinada a garantizar que los productos sean confiables al cliente, en el sentido de que se desempeñen efectivamente, según lo establecido y lograr la finalidad por lo cual fue diseñado el galón (almacenar sustancias), con el objetivo de detectar fallas potenciales y evitarlas; a partir de lo anterior se establecen prioridades y acciones para intentar eliminar o reducir la posibilidad de que ocurran estos eventos.

La frecuencia con que ocurren las fallas junto con su severidad son una medida de la confiabilidad de un método de trabajo, mientras mayor sean estas, menor será su confiabilidad. De esta forma, una tarea fundamental cuando se busca mejorar un proceso es aplicar una metodología con la idea de conocer mejor las debilidades (modos de falla potenciales) del producto o proceso y, a partir de ahí, generar soluciones a nivel de proceso o rediseño de método.

Además, el análisis de este proyecto se elige con la finalidad de causar un impacto positivo en la empresa, donde se puedan poner en práctica conocimientos y herramientas ingenieriles que ayuden a solventar los problemas de producción y encontrar un punto de equilibrio entre pérdidas y ganancias.

## **1.4 Objetivos del Proyecto**

### **1.4.1 Objetivo general.**

Reducir el porcentaje de desperdicios actual de 25 % mediante una propuesta de mejora del proceso de formado de los galones plásticos PVC, esto para el cumplimiento de la productividad en la empresa Plasticarva S.A.

### **1.4.2 Objetivos específicos.**

- Brindar un diagnóstico a la línea de termoformado para identificar los factores que generan el 17 % de producto defectuoso el 8 % de scrap en la fabricación del galón plástico de PVC tipo jarra,
- Analizar los factores identificados para proponer una mejora al método de fabricación e inspección, en la cual se permita aumentar la aceptación y calidad del producto,
- Establecer la propuesta de mejora para reducir el porcentaje de desperdicio de los galones plásticos de PVC, lo cual permite resolver la problemática que presenta la línea de termoformado,
- Evaluar los resultados obtenidos de la propuesta de mejora en línea de termoformado para la fabricación del galón plástico.

## **1.5 Alcances y Limitaciones**

### **1.5.1 Alcances de la investigación.**

Este análisis aportará un beneficio de mejora al método de inspección de calidad en la fabricación del galón plástico de PVC, lo cual se controlará de manera más eficaz y eficiente; por lo tanto, al identificar la causa inmediata del problema y poder tomar acciones correctivas al respecto.

Entregar herramientas de entendimiento del estado del proceso al encargado de planta que le permita tener un conocimiento más amplio de la línea de termoformado del galón plástico, lo cual logra que la información que se obtenga de este análisis se utilice para generar documentos que respalden los procesos de fabricación e inspección de calidad en la línea de termoformado.

### **1.5.2 Limitaciones de la investigación.**

Inexistencia de documentación de los procesos actuales, para lo cual se requiere un análisis exhaustivo en búsqueda de la información pertinente.

Otra limitante que se debe evaluar en la recopilación de la información se trata de la exactitud y precisión del método utilizado por parte del personal de planta, el cual al sentirse supervisado puede alterar la veracidad de los datos.

# **CAPÍTULO II**

## **MARCO TEÓRICO**

## **2.1 Marco Conceptual General**

### **2.1.1 Diagrama de flujo de procesos**

#### **¿Qué es?**

Un diagrama de flujo es representar gráficamente las distintas etapas de un proceso y sus interacciones, esto para facilitar la comprensión de su funcionamiento. Es útil para analizar el proceso actual, proponer mejoras y conocer a los clientes, además facilita la selección de indicadores de proceso, indispensables para efectuar su control y evaluar su rendimiento y eficacia.

#### **Beneficios del diagrama de flujo de procesos**

- Proporciona una visión transparente del proceso al personal de la empresa, lo que permite mejorar su comprensión y ejecución con lo que facilitará a la organización la búsqueda de mejoras del proceso y sus deficiencias,
- Al presentarse el proceso de una manera más objetiva, permite con mayor facilidad la identificación de forma clara de las mejoras por proponer,
- Motiva al personal que participa en la elaboración del diagrama de flujo volverse más entusiastas y partidarios de este, el cual continuamente proponen ideas para mejorarlo,
- Elimina aquellas tareas que no generan valor agregado para la empresa o son improductivas.

## Significado de los símbolos de un diagrama de flujo de procesos

Los principales símbolos convencionales que se emplean en los diagramas de flujo son:






Símbolo	Nombre	Función
	Inicio / Final	Representa el inicio y el final de un proceso
	Línea de Flujo	Indica el orden de la ejecución de las operaciones. La flecha indica la siguiente instrucción.
	Entrada / Salida	Representa la lectura de datos en la entrada y la impresión de datos en la salida
	Proceso	Representa cualquier tipo de operación
	Decisión	Nos permite analizar una situación, con base en los valores verdadero y falso

Figura 2. Símbolos de procesos

Fuente: (7)

### **2.1.2 Diagrama de Ishikawa (causa – efecto).**

#### **¿Qué es?**

El diagrama de causa y efecto es la representación de varios elementos (causas) de un sistema que pueden contribuir a un problema (efecto). Fue desarrollado en 1943 por el catedrático Kaoru Ishikawa en Tokio. Así mismo, es denominado diagrama Ishikawa o diagrama espina de pescado por su similitud con el esqueleto de un pescado. Es una herramienta efectiva para estudiar procesos y situaciones para desarrollar un plan de recolección de datos.

#### **¿Cómo se utiliza?**

El diagrama de causa y efecto es utilizado para identificar las posibles causas de un problema específico. La naturaleza gráfica del diagrama permite que los grupos organicen grandes cantidades de información sobre el problema y para determinar exactamente las posibles causas.

El diagrama de causa y efecto se debe utilizar cuando pueda contestar “sí” a las siguientes preguntas:

- ¿Es necesario identificar las causas principales de un problema?
- ¿Existen ideas y/u opiniones sobre la causa de un problema?

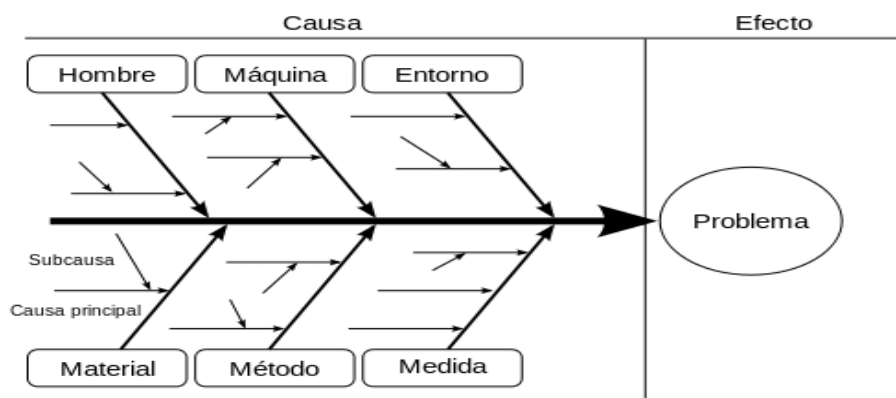
Con frecuencia, las personas vinculadas de cerca al problema que es objeto de estudio se han formado opiniones sobre cuáles son las causas del problema, estas opiniones pueden estar en conflicto o fallar al identificar la causa principal.

El uso de un diagrama de causa y efecto hace posible reunir todas estas ideas para su análisis desde diferentes puntos de vista.

El desarrollo y uso de diagramas de causa y efecto son más efectivos después de que el proceso ha sido descrito y el problema esté bien definido. Para ese momento, los miembros del equipo tendrán una idea acertada de qué factores se deben incluir en el diagrama.

El diagrama de causa y efecto no ofrece una respuesta a una pregunta, como lo hacen otras herramientas, como el análisis de Pareto e Histogramas, las cuales pueden ser utilizadas para analizar datos estadísticamente. Por otra parte, un diagrama de causa y efecto bien preparado es un vehículo para ayudar a los equipos a tener una concepción común de un problema complejo, con todos sus elementos y relaciones claramente visibles a cualquier nivel de detalle requerido.

### Diagrama de Ishikawa



*Figura 3:* Diagrama causa y efecto

**Fuente:** <sup>(4)</sup>

La variabilidad de las características de control de calidad es un efecto observado que tiene múltiples causas. Cuando ocurre algún problema con la calidad del producto, se debe investigar para identificar las causas de este.

### 2.1.3 Análisis de árbol de fallas.

#### ¿Qué es?

Esta técnica consiste en un proceso deductivo basado en las leyes de la algebra de Boole, que permite determinar la expresión de sucesos complejos estudiados en función de los fallos básicos de los elementos que intervienen en él; de esta manera, se puede apreciar de forma cualitativa y qué sucesos son menos probables que requieren la ocurrencia simultánea de numerosas causas.

- **Sucesos TOP:** ocupa la parte superior de la estructura lógica que representa el árbol de fallas, este suceso complejo se representa mediante un rectángulo,
- **Sucesos intermedios:** son los sucesos intermedios que son encontrados en el proceso de descomposición y que, a su vez, pueden ser de nuevamente descompuestos y son representados por un rectángulo,
- **Sucesos básicos:** son los sucesos terminales de descomposición, pueden representar cualquier tipo de suceso y son representados por un círculo.

## Simbología de análisis de árbol de fallas

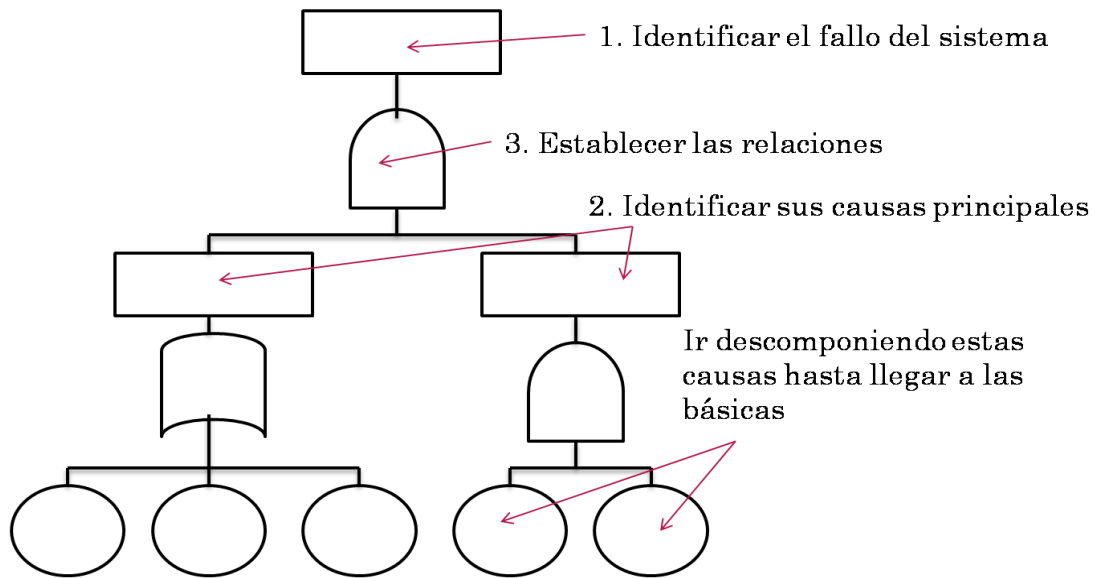


Figura 4. Símbolos de árbol de fallas

Fuente: <sup>(8)</sup>

### Usos de árbol de fallas:

- Priorizar los colaboradores que conducen hacia el evento superior, lo cual crea las listas de equipamiento críticos de eventos para diferentes medidas de importancia,
- Minimizar y optimizar recursos,
- Funcionar como herramienta de diagnóstico para identificar y corregir las causas del evento superior. Puede ayudar con la creación de manuales o procesos de diagnóstico,
- Verificación de todas las respuestas del sistema.

#### **2.1.4 Metodología Lean Six Sigma.**

Este es un enfoque que se ha implementado con éxito a través de los años, el cual logra reducir los costos operacionales o de producción y, al mismo tiempo, aumentando la confiabilidad del cliente en el producto.

El concepto de Six Sigma tiene sus inicios en una teoría matemática del siglo XIX, donde este se abrió camino en el actual mundo empresarial a través de los esfuerzos de un ingeniero de Motorola, en la década de 1980, anunciado como una de las principales prácticas metodológicas para mejorar la confiabilidad del cliente y perfeccionar los métodos de fabricación.

El perfeccionamiento de esta metodología tiene como objetivo seguir siendo el mismo que se basa en mejorar los procesos de manufactura industriales, al eliminar las causas de errores relacionados con un producto; esto se logra mediante la creación de un sistema de gestión que identifica sistemáticamente las fallas y proporciona métodos para eliminarlas.

“Six Sigma utiliza un conjunto de métodos y herramientas muy estrictos, diseñados con el único propósito de producir una mejora sustancial en la calidad del trabajo, la rentabilidad, la satisfacción del cliente”.<sup>(1)</sup>

Este método se establece en tres causas por resolver:

1. ¿Cuál es la naturaleza de los defectos que están ocurriendo en el proceso?
2. ¿Por qué los defectos están ocurriendo y con qué frecuencia?
3. ¿Cuál es el impacto del defecto en los clientes?

## Aspectos principales de Lean Six Sigma

Esta metodología puede llegar a un máximo de 3,4 defectos por millón de eventos u oportunidades (DPMO), entendiéndose que el defecto de cualquier suceso en un producto no logre satisfacer los requisitos del cliente. Por lo que este método requiere de esfuerzos continuamente para llevar los procesos al punto donde produzcan resultados estables y predecibles.

Six Sigma define y evalúa cada paso de un proceso, buscando formas de mejorar la eficiencia en la estructura de un negocio, enriquecer la calidad del proceso y aumentar las utilidades de la empresa. Su beneficio más resaltante radica en reducir los costos de producción debido a la menor cantidad de errores. Además, contribuye a una mejora en la gestión de la calidad, lo cual les permite a las empresas optimizar sus procesos y mejorar la calidad de los productos y servicios ofrecidos a los clientes.

## Metodologías de Lean Six Sigma

Actualmente están compuestas por cinco secciones:

**DMAIC:** este método se usa principalmente para mejorar los procesos industriales existentes.

- **Definir** el problema y los objetivos del proyecto,
- **Medir** en detalle los diversos aspectos del proceso actual,
- **Analizar** datos para encontrar los defectos de raíz en un proceso,
- **Mejorar** el proceso,
- **Controlar** cómo se hace el proceso en el futuro.

**DMADV:** este método se usa generalmente para crear nuevos procesos y productos.

- **Definir** los objetivos del proyecto,
- **Medir** los componentes críticos del proceso y las capacidades del producto,
- **Analizar** los datos y desarrollar varios diseños para el proceso para, finalmente, elegir el mejor,
- **Diseñar** y probar los detalles del proceso,
- **Verificar** el diseño ejecutando simulaciones, un programa piloto y luego entregarle el proceso al cliente.

Las metodologías de Six Sigma aumentan considerablemente las garantías para ofrecer un producto en óptimas condiciones y con la mayor rentabilidad a los clientes. Su uso de parte de grandes empresas del mundo representa un testimonio de todas sus ventajas.

### **2.1.5 Gráficas de control**

Una gráfica de control es un diagrama que sirve para reconocer si un proceso se encuentra bajo control o para asegurar que se mantenga en esta condición.

En estadística se dice que un proceso es estable cuando las únicas causas de variación presentes son las de tipo aleatorio; en esta condición se pueden hacer inferencias con respecto a la salida del proceso, esta es la característica de calidad que se esté midiendo, en cambio, la presencia de causas asignables hace que el proceso se desestabilice, lo cual impide la predicción de su comportamiento futuro.

Con base en la información obtenida en los intervalos determinados de tiempo, las gráficas de control definen un intervalo de confianza; si un proceso es estadísticamente estable, el 99,73 % de las veces el resultado se mantendrá dentro de este intervalo de confianza

Además, la estructura de las gráficas contiene una “línea central” (LC), una línea superior que marca el “límite superior de control” (LSC) y una línea inferior que marca el “límite inferior de control” (LIC); los puntos sujetan información sobre las lecturas hechas, pueden ser promedios a sus rangos. Los límites de control marcan el intervalo de confianza en el cual se espera que caigan los puntos.

### Gráfica de control de proceso Control de los defectos de fabricación

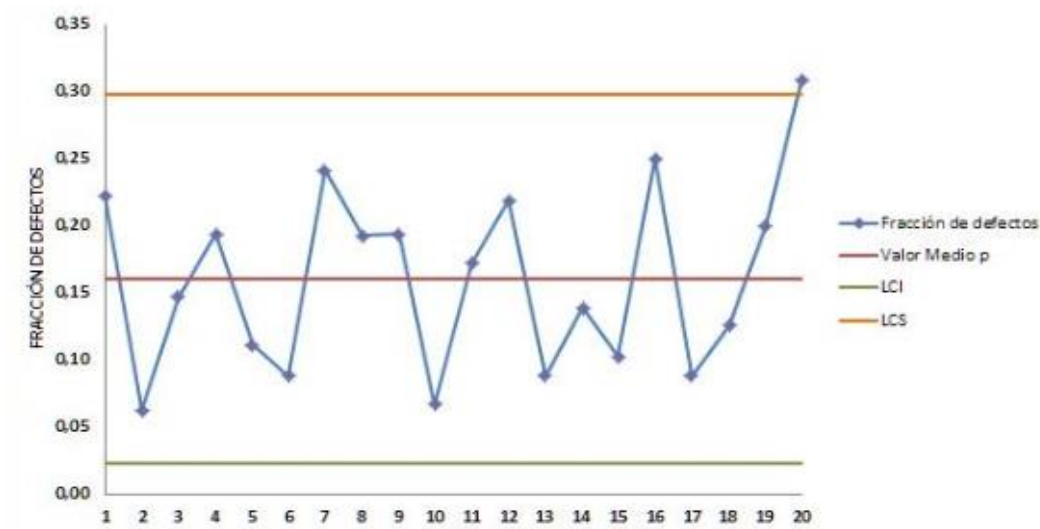


Figura 5. Gráfico de Control

Fuente: <sup>(2)</sup>

- **Análisis de proceso:** puede que nunca se haya hecho un control estadístico de proceso, un análisis con gráfico de control donde establecer los límites permite analizar el proceso y determinar qué es lo normal en él, cuando algo no está bien, o si ha mejorado o empeorado a través del tiempo,
- **Control de proceso:** identifica el comportamiento del proceso. ¿Es estable?, ¿se mantiene?, ¿qué tan frecuente se sale de control?; esto permite intervenir sobre el proceso para mejorarlo,
- **Mejoramiento del proceso:** no basta con analizar y controlar un proceso, es necesario mejorarlo. Con el diagrama de Shewhart (Gráfica de control), identificamos dónde se generaron las fallas y tenemos datos de entrada para hacer análisis de causas para planear soluciones a las fallas.

### **Fuentes de variación en un proceso**

1. **Causas asignables:** son los factores esporádicos que desestabilizan el sistema, su identificación es inmediata y fácil.
2. **Causas comunes:** son los factores que afectan en poco la variabilidad del sistema, su presencia es aleatoria y no son de fácil detención, generalmente están relacionadas con aspectos administrativos.

### Tipos de gráficas de control

Gráficas de Control de Variables	Gráficas de control y atributo
Gráfica X-R: Promedios y rangos	Gráfica p: Producto defectuosos
Gráfica X-S: Promedios y desviación estándar	Gráfica np: Procesos defectuosos
Gráfica x-R: Medianas y rangos	Gráfica u: Porcentajes de defectos por oportunidad

*Tabla 1.* Tipos de tablas de control

**Fuente:** Elaboración propia con datos extraídos de <sup>(3)</sup>, 2019.

#### 2.1.6 Indicador de efectividad de línea Overall Equipment Effectiveness (OEE).

OEE, por sus siglas en inglés (Overall Equipment Effectiveness), es un indicador vital que representa la capacidad real para producir sin defectos, el rendimiento del proceso y la disponibilidad de los equipos.

Disponible para optimizar los procesos de fabricación y manufactura, informa sobre las pérdidas, cuellos de botella del proceso, enlaza la toma de decisiones tanto financieras como de rendimiento de las operaciones de planta, ya que permite justificar cualquier decisión sobre nuevas inversiones. Además, permite cumplir con los requerimientos de calidad y de mejora continua.

Esta herramienta que combina múltiples aspectos de la producción y puntos de referencia para proporcionar información sobre el proceso. Es una herramienta integral de evaluación comparativa que sirve para evaluar los diferentes subcomponentes del proceso de producción (disponibilidad, rendimiento y calidad).

## Tabla de clasificación del OEE

**Tabla 2**

OEE

OEE Intervalo	Criticidad	Características
65 %	Inaceptable	Pérdidas considerables y muy baja competitividad
65% - 75%	Regular	Aceptable si están en proceso de mejora, pérdidas económicas y baja competitividad
75% - 85%	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas y competitividad baja
85 % - 95%	Buena	Entra en valores competitivos
95%	Excelente	Excelente competitividad y generando ganancias

Fuente: <sup>(5)</sup>

### 2.1.7 Cálculos del OEE.

El OEE se encuentra establecido por tres elementos principales que son:

- Disponibilidad
- Rendimiento
- Calidad

Donde:

**Disponibilidad:** es el tiempo durante el cual el equipo fue planeado para hacer partes de buena calidad.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo de operacion} - \text{Tiempos perdidos}}{\text{Tiempos de operacion}} \times 100$$

- Tiempo de operación: Horas trabajas por turno.

- Tiempos perdidos: Fallas en el equipo, esperas y tiempos de ajuste.

**Rendimiento:** medido como el cociente entre la producción real y la capacidad productiva para un periodo de producción determinado.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Produccion real}}{\text{Capacidad productiva}} \times 100$$

- Producción real: es el nivel de producción realmente obtenido en una estructura productiva dada.
- Capacidad productiva: es el máximo nivel de producción que puede alcanzarse con una estructura productiva dada.

**Calidad:** es el indicador más conocido por todos. Cuánto he fabricado bueno a la primera respecto del total de la producción realizada (bueno y malo).

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Produccion aprobada}}{\text{Produccion total}} \times 100 =$$

- Producción aprobada: total de producción aprobada, no incluye defectos en el proceso, rechazo, defectos de calidad a reparación.
- Producción total: producción total programada.

### **2.1.8 Ventajas del OEE.**

1. Mejora el retorno de inversión.
2. Maximiza el rendimiento de las máquinas.
3. Incrementa la calidad de los procesos.
4. Facilita el trabajo de todos.
5. Es puerta de entrada a la industria 4.0.
6. Perfecciona la capacidad de medir y decidir.

### **2.1.9 Los 5 porqués.**

La técnica de los 5 porqués, o también llamada la escalera de los porqués, es un método de análisis basado en realizar preguntas para explorar las relaciones de causa y efecto que generan un problema en particular.

Esta herramienta se basa en la trazabilidad, donde se realizan preguntas para analizar las posibles causas de un problema, de esta forma con cada pregunta “¿por qué?” se irá profundizando más en el problema y sus causas hasta poder llegar al origen de un problema de un proceso o elemento en estudio.

El objetivo de esta técnica es ayudar a descubrir información vital de una forma sistemática, analizar las causas ocultas y desarrollar soluciones; este análisis se puede aplicar tanto para la resolución de un conflicto como para realizar un diagnóstico de un problema o para la toma de decisiones.

## **Ventajas de los 5 porqués**

- Permite profundizar rápidamente en la naturaleza de un problema a través de las múltiples iteraciones,
- Su uso es sencillo,
- Promueve el trabajo en equipo. De hecho, debe ser aplicada entre personas que tengan conocimiento del fenómeno estudiado,
- Se integra con otras herramientas como análisis de Ishikawa,
- Actúa sobre la causa raíz de un problema para evitar que este pueda volver a ocurrir.

## **2.2 Marco Conceptual atiente a la Gestión del Proyecto**

### **2.2.1 Diagrama de flujo de procesos.**

Un diagrama de proceso permite identificar cuáles operaciones se encuentran relacionadas entre sí y están alineadas directamente con el proceso en función del orden en el que ejecutan y, además, permite poder observar cuáles de las tareas presentan problemas, las cuales son de importancia resolver o eliminar de manera inmediata, dicho que algunas tareas son puntos críticos u operaciones de suma importancia para la empresa.

Graficar un proceso permite mostrar las secuencias de actividades por realizar en cada operación o tarea y gestionar las personas que están involucradas en el proceso para poder determinar si los procesos que ejecuta el personal son los más adecuados o se realiza de manera correcta.

### **2.2.2 Diagrama de Ishikawa (causa – efecto).**

El Diagrama de Ishikawa es un instrumento analítico, también conocido como diagrama de espina de pescado o diagrama de causa y efecto; es una herramienta de la calidad que ayuda a levantar las causas-raíces de un problema, analizando todos los factores que involucran la ejecución del proceso. Se usa para identificar las causas potenciales de un problema.

Este método es utilizado:

- Para ver las causas principales y secundarias de un problema,
- Para ampliar la visión de las posibles causas de un problema, viéndolo de manera más sistemática,
- Para generar mejoras en los procesos.

### **2.2.3 Análisis de árbol de fallas.**

Este análisis de fallas es un procedimiento deductivo accedente que estudia los sucesos normales o anormales que pueden ocurrir en un sistema o proceso y que pueden conducir a un fallo.

Esta herramienta permite construir un diagnóstico más claro del panorama que se presenta en la organización utilizando técnicas y modelos de distribución estadísticos que facilitan una mejor utilización de los datos disponibles y que, además, permiten tener una mayor confiabilidad para la toma de decisiones.

### **2.2.4 Metodologías de Lean Six Sigma.**

El Lean Six Sigma es una disciplina de rendimiento comprobado en las últimas décadas, este enfoque combina dos de los motores de mejora más poderosos: Lean, que ofrece reducir rápidamente y de manera drástica los tiempos y el desperdicio en proceso de cualquier parte de una organización y Six Sigma que proporciona las herramientas y las pautas organizativas que se establecen en unos cimientos basados en datos para una mejora prolongada en objetivos clave relacionados con los clientes.

El Lean Six Sigma fomenta el valor a través de una herramienta clásica: crecimiento de beneficios operativos (enfoque en la eficiencia) + crecimiento de ingresos (enfocándose en lo que es importante para el cliente, de manera reiterada) = valor para los accionistas.

### **2.2.5 Gráficas de control.**

Los gráficos de control se utilizan para vigilar el desarrollo de los procesos de producción e identificar posibles inestabilidades o circunstancias anómalas, lo que pretende este tipo de análisis es controlar los procesos para asegurarse de que funciona correctamente. Si la mayoría de los puntos mostrados en la gráfica están adentro de los límites, se considera que el proceso está controlado; en el momento en el que uno o varios puntos aparecen fuera de los límites establecidos o no representan una distribución gaussiana.

### **2.2.6 OEE (Overall Equipment Effectiveness).**

El OEE nos proporciona visión acerca de las pérdidas que ocurren durante el proceso de fabricación, en medida de productividad real de la maquinaria y equipos, comparada con la productividad ideal, durante un período específico para capturar y clasificar las pérdidas de tiempo disponible de la maquinaria y equipos.

### **2.2.7 Los 5 porqués.**

La herramienta de los 5 porqués consiste en examinar cualquier problema y realizar la pregunta: “¿por qué?”; la respuesta al primer “¿por qué?” va a generar otro y así sucesivamente para buscar posibles causas de un problema. La técnica requiere que el equipo investigador pregunte ¿por qué? al menos 5 veces; no obstante, puede hacer más de 5 preguntas para alcanzar la causa raíz permitiendo que nos abramos hacia nuevas ideas, planteamientos, enfoques y también respuestas. De esta manera, estaremos seguros de llegar a la mejor de las causas raíces del problema al tener en cuenta que las preguntas por realizar deben ser las más precisas y concretas con las personas adecuadas para que sean contestadas.

#### **Características de la aplicación de la técnica:**

- Mantiene la investigación basada en los hechos preguntando: ¿por qué ocurrió? Genera muchas ideas enfocadas en el camino de la causa más probable,
- Si hay más de una causa raíz, se deberá desarrollar más de una acción correctiva,
- Se deben iniciar las preguntas con el hecho último que generó el incidente (acción o condición).

## **2.3 Marco Conceptual referente al Impacto del Proyecto**

### **2.3.1 Impacto económico.**

El impacto económico se podrá cuantificar mediante el análisis al proceso de fabricación donde se elabora el galón de plástico de PVC, identificando los factores que lo afectan, directa e indirectamente, para poder evaluar las opciones de propuesta de mejora que se pueden implementar a dicho proceso, en búsqueda de reducir el porcentaje de desperdicio en esta empresa.

### **2.3.2 Impacto cultural.**

Al emplear el concepto de Six Sigma, como también otras herramientas planteadas en este proyecto, radica en la empresa, como en su personal, crear una rutina donde se permita promover el conocimiento acerca de la mejora continua en los procesos, ayudando tanto a la organización como a ellos mismos a facilitar sus labores debido a que mejorar un proceso no solo implica reducir costos a la empresa sino, también, reducir tareas en el trabajo innecesarias que provocan el desgaste de los colaboradores, tanto físico como mental.

## **2.4 Antecedentes de Proyectos o Experiencias Semejantes**

En la empresa PLASTICARVA, en el 2008, se realizó un proyecto por parte de estudiantes del INA (Instituto Nacional de Aprendizaje), donde su tema de investigación trató acerca de la descripción de los procesos; este proyecto procuró analizar, de manera sistemática, la mejora de las tareas de desempeño de los colaboradores al tener en cuenta que este proyecto de investigación va alineado conjuntamente en el enfoque de la mejora continua con el fin de disminuir costos extras por desperdicios, además de buscar altos estándares de calidad en los productos que esta compañía fabrica.

Dicho análisis no fue tan extenso debido a que el INA (Instituto Nacional de Aprendizaje) lo que buscaba era brindar conocimientos técnicos de las máquinas, procesos y metodologías de termoformado, utilizadas en dicho proyecto. Se ejecuta en esta empresa debido a que abre sus puertas a los estudiantes para que puedan conocer sus instalaciones y para el análisis de proyectos porque dichos permisos no se otorgan por parte de otras compañías o son escasos, debido a que son celosos en sus procesos y maquinarias, además se encuentran patentizados, lo cual restringe el acceso a personas no pertenecientes a la empresa o no permiten fotografiar sus maquinarias.

# **CAPÍTULO III**

## **MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 Metodología para la Definición del Problema**

En este proyecto se utilizarán técnicas concluyentes, las cuales permitan definir con claridad que está sucediendo en los procesos de fabricación del galón plástico de PVC en PLASTICARVA S.A., con la finalidad de obtener una percepción mucho más concreta de lo que sucede actualmente en esta línea.

#### **3.1.1 Diagrama de flujo de procesos.**

Diagramar el proceso productivo actual de la empresa permite conocer el proceso de una forma más clara y concreta, brindándonos un panorama más amplio de lo que sucede con las actividades o tareas involucradas en el proceso, ilustrándonos las relaciones entre cada una de estas y la secuencia que lo conforma.

#### **Propósito del diagrama de flujo:**

- Documentar procesos con el fin de lograr una mejora en la comprensión en el control de calidad y la capacitación de los empleados,
- Estudiar el proceso para alcanzar su eficiencia, ayudando a mostrar los pasos innecesarios, cuellos de botella y otras ineficiencias,
- Crear un proceso nuevo o modelar uno mejor,
- Comunicar y colaborar con diagramas que se dirijan a diversos roles dentro y fuera de la organización.

### **3.1.2 Diagrama de Ishikawa (causa – efecto).**

Para encontrar las causas inmediatas del producto defectuoso en la fabricación de galones plásticos PVC, se decide realizar un diagrama de Ishikawa donde se toman en consideración los siguientes factores principales:

1. Personal
2. Maquinaria
3. Materiales
4. Método
5. Medida
6. Entorno

Con estos factores se pueden determinar las sub-causas que afectan el proceso o causas de segundo nivel con el fin de encontrar la causa raíz de la no conformidad (el problema), identificando todas causas posibles, sobre todo si son relevantes al proceso.

Estos aspectos son seleccionados debido a que se realizan observaciones metódicas en el proceso de fabricación y se logra determinar que son los factores que intervienen en el proceso para la fabricación del galón de plástico de PVC.

### **3.1.3 Análisis de árbol de fallas.**

Esta técnica se utiliza para identificar las sucesiones de fallas en forma ascendente que presenta el proceso de termoformado del galón de plástico de PVC tipo jarra y poder determinar desde qué punto en el proceso se origina la falla en el galón de plástico que repercute directamente en el producto, deformándolo de manera que debe ser desechado o reciclado.

### **3.1.4 Metodología Lean Six Sigma.**

Esta herramienta procura generar un impacto importante en la mejora de procesos de esta empresa para poder hacerles frente a los problemas que acarrea esta línea de termoformado, esto con el objetivo de esta metodología que es eliminar todos los aspectos que impidan o dificulten que el producto no cumpla con los requerimientos del cliente al reducir al máximo sus defectos en la entrega final.

### **3.1.5 Gráficas de control.**

Para la elaboración de este gráfico de control, se debe tener en cuenta que lo que se mide es una variable continua; es decir, que sus características son:

- Pesos
- Temperaturas
- Pulgadas

Con los datos arrojados en estas gráficas se nos permite saber si dicho proceso se encuentra bajo control y detectar la variabilidad de temperaturas que presenta esta máquina de termoformado a la hora de la fabricación del galón plástico de PVC.

### **3.1.6 OEE (Overall Equipment Effectiveness).**

Con este indicador se busca identificar los costos (pérdidas y ganancias) que genera la línea de termoformado del galón clásico de PVC; no obstante, esta herramienta recopila toda la información en una tabla en la cual nos permite analizar de una manera más clara, concisa y eficiente toda la información obtenida, esto se debe porque este indicador logra combinar múltiples problemas de fabricación y datos para aportar información sobre lo que sucede en el proceso.

### **3.1.7 Los 5 porqués.**

Esta técnica permite cuestionar los procesos actuales en la empresa empleando un análisis con enfoque de mejora continua, identificando la razón por la cual se originan los problemas en el galón plástico; además, con la utilización correcta, la técnica de los porqués puede ayudar a generar soluciones radicales a los problemas, puesto que se cuestiona hasta sus elementos más fundamentales del problema que se está tratando.

Se debe tener en cuenta que esta herramienta será utilizada solamente para la recolección de datos, lo cual da el beneficio de cuestionar la información obtenida por medio de entrevistas a las personas a cargo del proceso en la línea de termoformado.

## 3.2 Metodología para la Medición y Respaldo Cualitativo de Proyecto

Una de las herramientas más eficientes en la ingeniería industrial es la Lean Six Sigma, debido a que esta metodología utiliza un conjunto de herramientas estadísticas que buscan reducir la variabilidad de los procesos y da prioridad a los requisitos de los clientes en la cual se alinea a los objetivos propuestos en este proyecto.

El gestionar cómo se desarrolla esta herramienta en este proyecto, se ejemplifica a continuación:

- **Definir:** método de trabajo e inspección de calidad para la fabricación del galón plástico de PVC,
- **Medir:** costos y porcentajes de desperdicios provenientes al proceso de fabricación del galón plástico de PVC,
- **Analizar:** los factores involucrados que afectan al proceso productivo en la línea de termoformado en la cual provocan productos no conformes,
- **Implementar:** la propuesta de mejora que evidencie la reducción de los costos y porcentajes de desperdicios en la línea de fabricación del galón de plástico de PVC,
- **Controlar:** el seguimiento de la propuesta de mejora en la línea de termoformado, por medio inspecciones y/o auditorías que permitan controlar la mejora impuesta a la empresa.

### **3.3 Metodología para la Propuesta de Mejora, Construcción o puesta en práctica de un Nuevo Proceso, Producto o Servicio**

#### **3.3.1 Sujetos y fuentes de información.**

##### *3.3.1.1 Población.*

La población que sirvió como objeto de investigación para elaborar la documentación y las herramientas que requiere este proyecto de investigación fueron los trabajadores quienes laboran tanto en la parte administrativa como operacional de la línea de termoformado en la empresa PLASTICARVA. S.A.

##### *3.3.1.2 Fuentes primarias.*

Como fuente de obtención de información primaria se encuentra la aplicación de entrevistas al gerente general, debido a que es la persona con mayor conocimiento de los procesos actuales en la empresa; no obstante, cabe mencionar que la información obtenida será directamente tabulada por medio de distintos relatos o escritos transmitidos que serán analizados para la elaboración de este proyecto.

##### *3.3.1.3 Entrevistas.*

Se hará uso de entrevistas debido a que es un instrumento de indagación en el cual se puede utilizar para recolectar datos específicos sobre un hecho o una persona, además por medio de este instrumento se puede reflejar que en la entrevista se originan intercambios de ideas para recolectar información de interés de ambas partes.

#### *3.3.1.4 Observación directa.*

La herramienta de observación es un método de recolección de datos o información que consiste, básicamente, en observar el objeto en estudio; sin embargo, todo esto se hace sin intervenir o alterar el ambiente en el que se desarrolla el estudio; de lo contrario, los datos que se obtengan de dicha herramienta no van a ser válidos.

La observación directa se caracteriza por ser una herramienta no intrusiva en la cual se permite obtener información de procesos o elementos de estudio que no han sido recolectados por otras técnicas.

#### *3.3.1.5 Los 5 porqué.*

Es una técnica basada en efectuar preguntas para explorar las relaciones de causa-efecto que generan un problema; en particular el objetivo final de los 5 porqués es determinar la causa-raíz de un defecto o problema.

Para llevar a cabo el proceso de los 5 porqués, primero se deben realizar los 5 porqués correctos y luego emparejar cada pregunta con su respuesta para elaborar las acciones de mejora que la compañía necesita realizar; una vez que se haya determinado la causa-raíz fundamental del problema y sus acciones de mejora, se deben transferir los resultados para analizar y determinar cómo se puede resolver esta problemática.

### **3.4 Metodología para la Implementación del Proyecto**

Para la implementación de este proyecto se abarcarán varias herramientas ingenieriles que fueron aprendidas a lo largo del programa de Ingeniería Industrial en la Universidad Hispanoamericana, el cual ayudará a facilitar establecer la propuesta de mejora en PLASTICARVA S.A. para que esta se vea beneficiada en la reducción de desperdicio de producto terminado.

Para conocer de forma más clara el formado del galón plástico de PVC, se debe conocer el proceso que lo conforma; por ende, se requiere implementar el diagrama de proceso que represente de forma gráfica las diferentes tareas y actividades que le generan valor a la organización; sin embargo, este diagrama lo que pretende es dar a conocer lo que sucede entre el inicio y el fin de este proceso y observar las actividades que integran el formado del galón de plástico de PVC y, además, poder conocer lo que ocurre en la línea de termoformado.

Para el diagnóstico de la problemática que presenta la empresa actualmente en las deformaciones del galón plástico, se procede a desarrollar un diagrama de causa y efecto con el fin identificar los factores principales que generan producto defectuoso, en la línea de termoformado del galón plástico tipo jarra de PVC; además, la información obtenida del diagrama se analizará de la mejor manera y se verificará si la implementación de la propuesta de mejora es viable para esta línea.

El diagrama del árbol de fallas tiene como objetivo en este proyecto encontrar o localizar fallas específicas de forma ascendente con la particularidad que proporciona este método para determinar las sub-causas que han producido dicho problema (causa-raíz) en la línea de termoformado del galón plástico de PVC, lo cual da como resultado datos valiosos que permiten evaluar y mejorar la fiabilidad general del método de fabricación que se utiliza en PLASTICARVA S.A.

La herramienta ingenieril Lean Six Sigma ayudará a entender si el funcionamiento actual de los procesos de producción para elaboración de los galones de PVC son los más apropiados y oportunos con la prerrogativa de poder enfocarse en eliminar pasos improductivos y permitir realizar operaciones más acertadas en búsqueda de maximizar resultados de producción.

Las gráficas de control son utilizadas para medir el proceso de regulación y control de temperaturas indicadas para el fundido y formado en el molde del galón plástico de PVC, además también se analizarán las temperaturas del sistema de refrigeración bajo esta herramienta para establecer si dicho proceso está bajo control o dentro de los límites establecidos por la empresa, con el fin de observar las bajas temperaturas de molde que provocan tiempos de enfriamiento cortos y grandes velocidades de enfriamiento porque pueden influir negativamente en la calidad de la pieza y, además, comprobar si es un proceso estable o si requiere alguna modificación o mejora durante el desarrollo de este paso en el proceso de fabricación.

Para el análisis de impacto económico en la implementación de la propuesta de mejora en este proyecto, se desarrolla un OEE (Overall Equipment Effectiveness) con el objetivo de que esta herramienta presenta diferentes parámetros o criterios que permiten cuantificar la eficiencia y conocer el funcionamiento real de los procesos productivos transformando los datos de un proceso complejo en información sencilla, visual y eficiente que permita, así mismo, evaluar el impacto económico que genera la implementación de la propuesta de mejora en la línea de formado de galón plástico.

La herramienta de los 5 porqués tiene como finalidad, en este proyecto, cuestionar a personas entrevistadas y poder recopilar la información con mayor veracidad, es de importancia analizar la información con la mayor destreza posible y obtener conclusiones que permitan detectar causas principales que afectan un proceso, por lo que esta herramienta se abarca en este proyecto con el objetivo de que permita agilizar el proceso de compilación de información.

### **3.5 Metodología para la Verificación, Aseguramiento, Control y Seguimiento de Resultados**

Para la verificación, aseguramiento y seguimiento de los resultados de la propuesta, como primer paso se debe generar una alianza con la cultura de trabajo que presenta la empresa. Es decir, la organización con sus creencias, experiencias con base en procesos y valores que permitan estar acuerdo en implementar una metodología que pueda visualizar la generación de valor que puede aportar al proceso.

Teniendo en cuenta lo mencionado, se debe proceder a generar documentación apropiada de los procedimientos actuales de la empresa con datos estadísticos que puedan brindar un panorama comparable después de la aplicación de la propuesta con el fin de generar resultados que permitan dar seguimiento a las diferentes tareas que se realizan en el área de termoformado, esto para ejercer un mayor control de estas y, finalmente, evaluar los resultados obtenidos.

**CAPÍTULO IV**

**LÍNEA BASE Y ANÁLISIS**

**DE CAUSAS**

## 4.1 Descripción Actual de los Procesos en la Línea de Termoformado

Para el análisis y comprensión sobre lo que sucede actualmente en la línea de termoformado del galón plástico tipo jarra de PVC, se procede a realizar un diagrama de procesos, para ello se dan a conocer los diferentes métodos y tareas que la conforman.

El diagrama de procesos de PLASTICARVA S.A. da una idea general y concreta de cada tarea que se debe realizar para obtener un galón plástico en la línea de termoformado, cabe resaltar que esta línea utiliza 3 diferentes tipos de plástico como:

- Polietileno de alto impacto
- Polipropileno
- Polivinilo o PVC

Estos plásticos son utilizados en la línea de termoformado para la fabricación del galón plástico tipo jarra; no obstante, para la fabricación de este se deben tener en consideración los siguientes aspectos para su fabricación: temperatura de fundición y de enfriamiento y, finalmente, la presión de aire de inyección; además se debe tener en cuenta que este proceso, a la hora de realizar cambios de plásticos en la tolva, no permite combinar el material de los diferentes plásticos que se utilizan en esta empresa; también el producto que se encuentra dentro de la máquina se debe limpiar a la hora de cambiar un polímero para evitar contaminaciones o defectos en los galones.

### Diagrama de proceso de PLASTICARVA S.A.

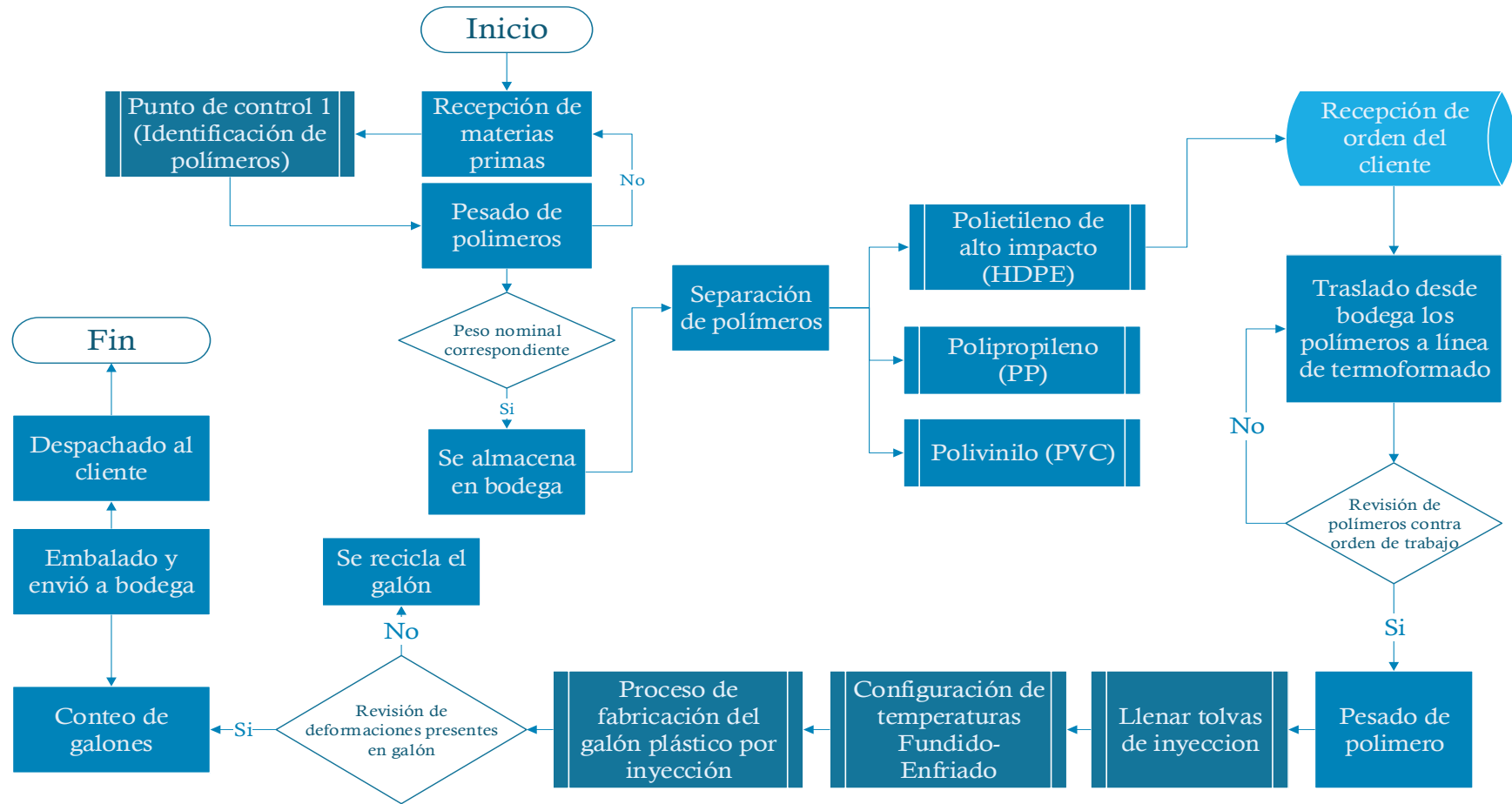


Figura 6. Diagrama PLASTICARVA S.A.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

## **4.2 Fabricación y Demanda del Galón de Plástico de PVC**

Durante las visitas realizadas a la empresa PLASTICARVA S.A., dedicada a la elaboración de plásticos de alta gama para la industria, se recopiló información del proceso actual de dicha empresa por medio de una entrevista verbal con el encargado de planta Álvaro Alfaro Moreira, quien tiene una larga trayectoria en esta empresa y conoce perfectamente cada procedimiento de esta línea.

### **1. Recepción de materias primas**

El proceso da comienzo con la recepción de las materias primas por parte de los proveedores de PLASTICARVA S.A., a los cuales se le solicitan diferentes polímeros que se utilizan para la fabricación de los galones plásticos; dependiendo del nivel de la demanda que se requiere en la empresa se le solicita la cantidad requerida.

### **2. Pesado de materias primas (control de pesos)**

Para la fabricación del galón plástico se requiere pesar los sacos que contienen los polímeros, debido a que anteriormente la empresa presentó problemas con el peso nominal del producto y, como medida de seguridad, se decidió pesar cada saco que entra a la empresa para evitar posibles pérdidas de producto y dinero.

### **3. Control de polímeros (identificación)**

Con la identificación de los polímeros en los diferentes sacos, se tiene como objetivo evitar la confusión del producto en el área de producción y bodega, debido

a que este saco únicamente viene identificado con un código alfanumérico, el cual contiene la información que indica el tipo de polímero que este contiene.

### Polivinilo de PVC



Código de identificación

*Figura 7.* Sacos de Polivinilo

**Fuente:** PLASTICARVA S.A., 2019.

#### 4. Separación de polímeros

Una vez identificados y pesados los respectivos polímeros, se procede a separarlos, esto con la finalidad de un acomodo en la bodega y así poder mantener un mayor orden y control dentro de esta, ya que se han rotulado los estantes con el nombre de los 3 diferentes polímeros para su fácil acceso y ubicación.

## 5. Recepción de órdenes de trabajo

La recepción de las órdenes de trabajo, por parte de los clientes de PLASTICARVA S.A., llegan a la empresa por medio de correo electrónico, o bien, el cliente se apersona al área de ventas, donde este puede solicitar la orden de trabajo y hacer un nuevo pedido, esta orden tiene diferentes datos que permite a la empresa poner en marcha su solicitud en producción.

### Orden de trabajo

DISTRIBUIDORA GOYCA S.A.						
FECHA :	viernes, 29 de marzo de 2019			TIPO DE CAMBIO:	1	
PROVEEDOR :	PLASTICARVA S.A.			DIAS DE CREDITO	30	
DETALLE DE LA COMPRA						
CANTIDAD	MEDIDA	NOMBRE DEL PRODUCTO	PRECIO POR UDS O KILO	TOTAL VALOR	FECHA DE ENTREGA	
6 000,00	UDS	ENVASE GALON BLANCO RECTANGULAR 130 GRS	205,000	1 230 000,00	03/04/2019	
		UNA FACTURA		0,00		
				0,00		
				0,00		
				0,00		
		NOTA: FAVOR DE VERIFICAR CONDICIONES DE PRESENTE ORDEN ANTES DE FACTURAR YA QUE LA FACTURA DEBE SER UN REFLEJO DE LA MISMA.		0,00		
				0,00		
		NOTA: FACTURA ELECTRONICA DISTRIBUIDORA GOYCA A PARTIR DEL 1/10/18 INICIA CON LA FACTURA ELECTRONICA PASAR AL SIGUIENTE CORREO LOS ARCHIVOS DE PDF Y XML:		0,00		
		compras@goycasa.com				
		bodegas@goycasa.com				
		SUB-TOTAL		1 230 000,00		
		IMPUESTO DE VENTAS	13%	159 900,00		
		TOTAL		1 389 900,00		
		TOTAL COLONES		#1 389 900,00		
		LUGAR DE ENTREGA				
SAN ANTONIO DE CORONADO, DEL BAR Y RESTAURANT LA CASONA DEL PUEBLO 250 METROS AL ESTE SOBRE CALLE PRINCIPAL PORTON CON ROTULO DE CLINICA DE TERAPIA FISICA, AL FONDO PORTON AZUL.						
CONTACTO :			TELEFONO Y CELULAR			
ARTURO JIMENEZ MONGE			22-92-62-85 71-13-99-02			
JOSEPH QUIROS PALMA			22-92-62-85 71-35-61-99			
HORARIO DE RECEPCION DE MERCADERIA						
LUNES A JUEVES DE 10 A.M A 3 P.M						
VIERNES DE 10 A.M A 1 P.M						
TODOS LOS PRECIOS DETALLADOS SON MAS IMPUESTO DE VENTAS						
VISTO BUENO	SRA. MAYLIN CAMPOS GONZALEZ			REVISADO POR: SR. ARTURO JIMENEZ		
SOLICITADO POR	WILLIAM JIMENEZ ACUÑA			FIRMA		

Figura 8. Orden de trabajo

Fuente: PLASTICARVA S.A., 2019.

## **6. Traslado de materia prima a la línea**

El traslado de materia prima a la línea de termoformado requiere que un operario se dirija al área de bodega con la orden de trabajo que se le entrega por parte de producción con las debidas autorizaciones para poder retirar el material con sus diferentes características como, por ejemplo, el tipo de polímero, peso, color o cantidad. Esta medida se estableció hace dos años después de un análisis realizado en el inventario, con el cual se pudo observar la pérdida considerable de suministros en esta área; actualmente ha resultado muy eficiente a nivel de inventario según comentó el encargado de bodega.

## **7. Comprobación de polímeros contra orden de trabajo**

La comprobación de los polímeros contra la orden de trabajo es para evitar la confusión entre los materiales y no incurrir en la contaminación cruzada en producción, debido a que es una falta que se ha cometido constantemente, la empresa asumió la responsabilidad de hacerle frente a estos errores que se comenten a diario con el interés que presenta esta compañía hacia los operarios y por el progreso a la mejora continua.

## **8. Pesado de materia prima**

El pesado de la materia prima tiene como objetivo el control de inventario para tener la base de datos actualizada y estar al día con los suministros que esta empresa requiere para estar en función, además de tener un control de entrada y salida de las provisiones con las que cuenta dicha empresa para evitar que estos no se pierdan.

## **9. Llenado de tolvas**

Para el llenado de tolvas se requiere comprobar que la máquina esté libre de sobrantes de procesos anteriores y si no presenta esta condición, es deber de los operarios limpiarla antes de utilizarla y reportar el estado en que se encontró la máquina; seguidamente de esto, dos operarios levantan el saco con los polímeros hacia la tolva para su llenado.

## **10. Configuración de temperaturas**

En primera instancia, tanto la configuración de las temperaturas de fundición como de enfriamiento, se realiza por parte de los operarios, esa es una de sus principales funciones. Esta tarea se le induce a este personal en su training, el cual dura aproximadamente 1 semana (dependiendo del operario), después de este periodo no se cuenta con un registro de si las temperaturas son las indicadas para dicho proceso; sin embargo, esta tarea se realiza de forma empírica, los operarios observan los primeros cinco galones al salir del molde para determinar si sus características son las correctas; y si lo son, se verifica si el plástico fundido rodea correctamente la manga del inyector; es decir, que no se dejen zonas sin plástico fundido en la boca donde sale.

Seguidamente de esto realizan una prueba de enfriamiento al molde para medir el tiempo que dura en enfriar el plástico con un reloj de mano; según lo dicho por los operarios no puede durar más de 5 segundos para enfriar, y si no pasa esta prueba, se aumenta el flujo de presión de refrigerante en el molde; estos parámetros de temperatura son manipulados por parte de los operarios.

## Manga de inyección

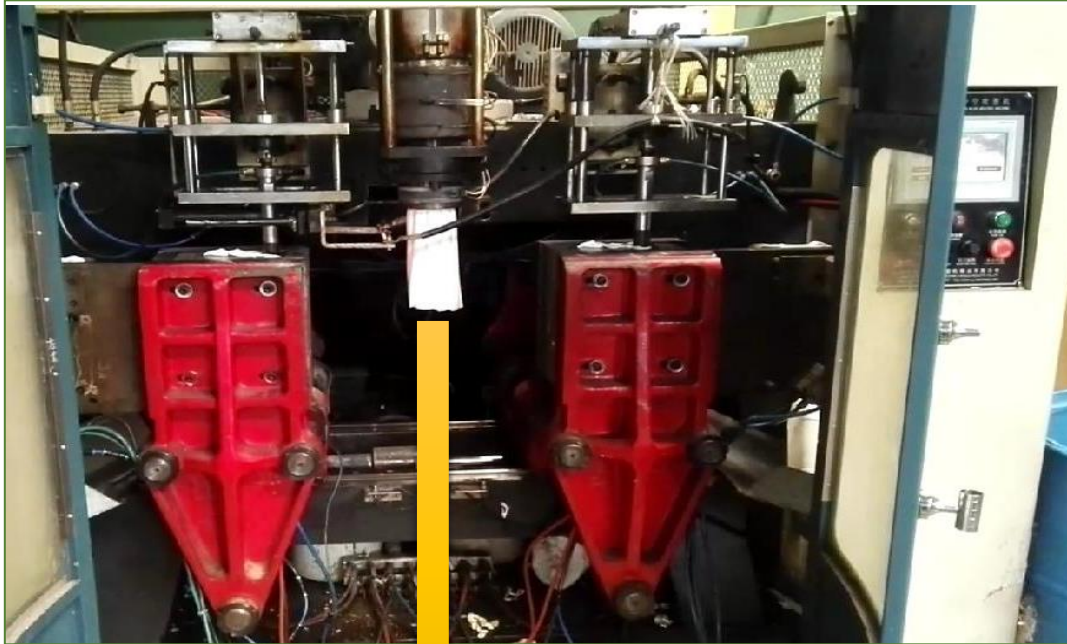


Figura 9. Manga

Fuente: PLASTICARVA S.A.

Manga de fundido

### 11. Inyección de plásticos

La inyección de plásticos es la etapa donde la línea trabaja continuamente para la fabricación del galón de plástico sin que esta se detenga, cada operario tiene una meta establecida de producción de 7000 mil galones por jornada y para que esta se cumpla no debe ser detenida bajo ninguna circunstancia, esto quiere decir que para la hora de almuerzo otro operario debe reemplazarlo o cubrirlo mientras se encuentra en descanso, por normas y requerimientos de la empresa, por motivo de que el calentamiento de la máquina y configuración demora mucho tiempo en realizarla.

## 12. Control de calidad (Inspección final)

En esta etapa el control de calidad que se realiza al producto es por parte del operario, en donde este busca:

- Rebabas
- Deformación
- Desmembración
- Adelgace de espesor
- Marcas
- Color

### Galón plástico de PVC

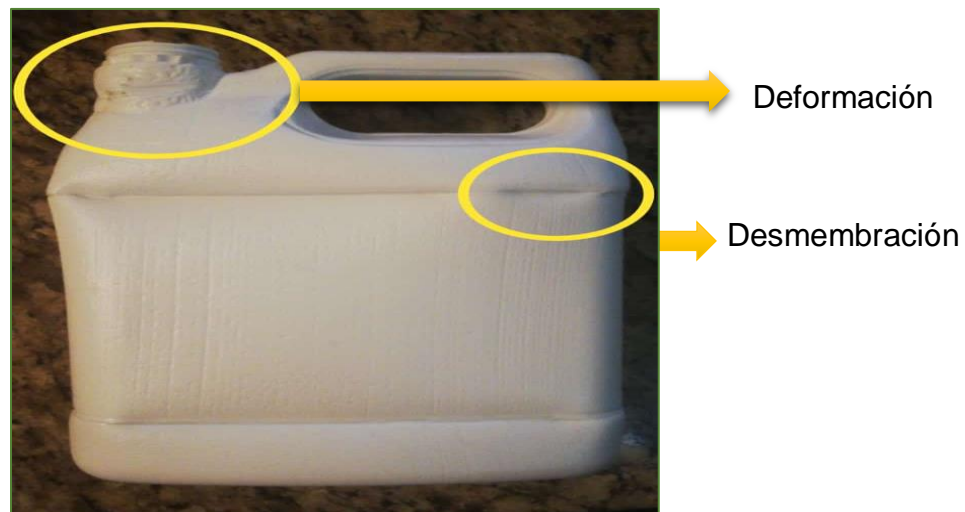


Figura 10. Galón PVC

Fuente: PLASTICARVA S.A.

## 13. Conteo de galones

Se debe realizar un conteo de galones por cada fin de jornada o conclusión de número de galones por lote, además, se debe empacar, acomodar y etiquetar con la firma del operario que los fabricó.

#### 14. Embalado y enviado a bodega

Esta etapa contempla el envío del producto a la bodega, para que este sea posible se requiere:

- Embalado total del producto requerido por lote
- Orden de trabajo firmada y sellada por el supervisor

#### Pedido listo en bodega



*Figura 11.* Pedidos en bodega

**Fuente:** PLASTICARVA S.A.

#### 15. Despacho

Para la entrega de los galones plásticos se revisa la fecha en la orden de trabajo en la que el cliente la solicita, seguidamente se procede a alistar el pedido 1 hora antes para entregarse a los repartidores y que estos se puedan poner en ruta.

### 4.3 Diagrama de Causa y Efecto

Para determinar las causas inmediatas que afectan al proceso, directa como indirectamente, se establece el siguiente diagrama causa-efecto.

Los datos utilizados en la elaboración de esta herramienta aprendida a lo largo de la carrera de Ingeniería Industrial se obtienen de visitas realizadas a la empresa, como también opiniones de encargados y operarios con el fin de recopilar la mejor información acerca del proceso.

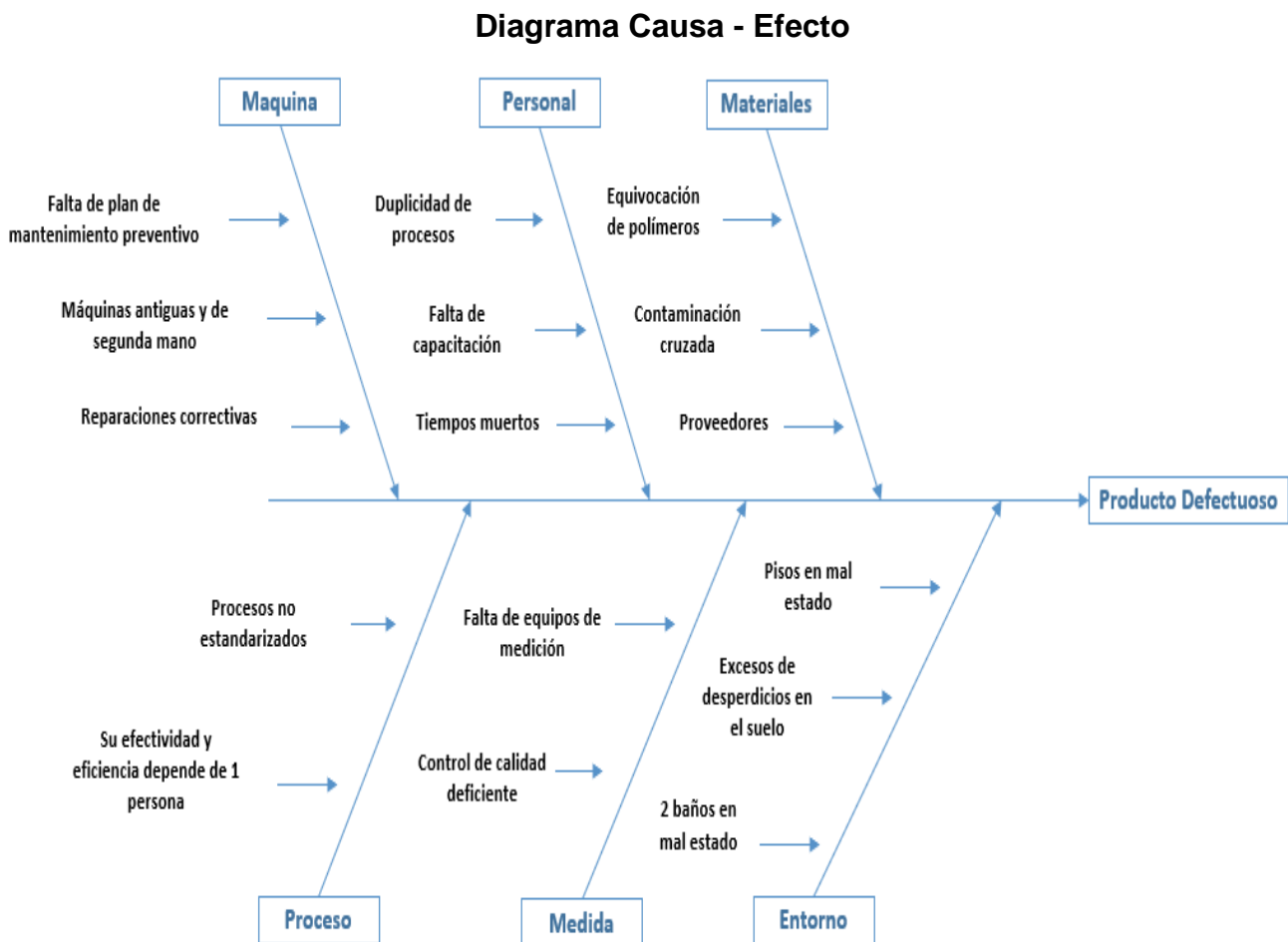


Figura 12. Causas inmediatas que afectan el proceso

Fuente: Elaboración propia, 2019.

#### 4.3.1 Causas inmediatas que afectan el proceso.

##### 1. Máquina

Las máquinas que se utilizan en el área de termoformado del galón plástico presentan diferentes variables que afectan a dicho proceso de forma indirecta, por lo cual se analizó mediante la herramienta causa y efecto con el fin de detectar sus puntos críticos que se explican a continuación:

**a) Falta de mantenimiento preventivo:** actualmente la empresa no contempla un plan de mantenimiento preventivo, ya que esta empresa opera con un solo mecánico y durante las visitas realizadas a la empresa y consultas al encargado de mantenimiento nos dio a conocer que las máquinas son muy antiguas y, consecuentemente, necesitan reparaciones inmediatas para evitar que la línea se detenga y no perder el producto como también dinero, además se especificó, por parte del encargado, que el tiempo de la jornada no es el suficiente para poder reparar una máquina y darle un seguimiento respectivo, asimismo dicha empresa no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo establecido.

**b) Máquinas antiguas y de segunda mano:** las máquinas adquiridas por la empresa fueron importadas de china de segunda mano en su momento, en una oportunidad para incursionar en el mercado de los galones plásticos, pero algunas de estos aparatos actualmente necesitan mejoras o reparaciones que no se consiguen en el mercado.

**c) Reparaciones correctivas:** las reparaciones que las máquinas necesitan actualmente es una labor que al técnico de la empresa se le dificulta por el hecho de que estas se encuentran descontinuadas o en el mercado nacional no se consigue la refacción, por lo que el técnico o mecánico de la empresa las inventa, pero dicha disposición ha repercutido en las máquinas con fallas de calibraciones, ruptura de ejes, sellos de aceite, entre otros.

## 2. Personal

**a) Duplicidad de procesos:** la duplicidad de tareas se ve continuamente por la falta de manual que les indique a los operarios sus labores, afectando el tiempo de proceso.

Las tareas o procesos más afectados con este problema son:

- Selección y separación de polímeros
- Llenado de tolvas
- Conteo de galones
- Configuraciones de temperatura

**b) Falta de capacitación:** la falta de capacitación o inducción por parte de la empresa es una queja continua por parte de los operarios, ya que ellos dieron a conocer que necesitan saber el debido funcionamiento de las máquinas y por parte de la empresa la inducción que se les brindó fue breve y solo en sus primeros días de ingresar a esta empresa, además nunca se le asignó una persona que los capacitara y que este comprobara si su capacitación fue la correcta.

**c) Tiempos muertos:** los tiempos muertos que se presentan en los procesos de la línea de termoformado contienen algunas tareas que demoran menos tiempo en ejecutarse, por lo cual este personal se queda lapsos sin laborar; o bien, cuando una máquina falla, que ocurre a menudo, el personal se queda desocupado debido a que no hay personal en el área que los vigile y les asigne una nueva tarea mientras se está a la espera de la reparación que puede demorar un tiempo considerable.

### **3. Materiales**

**a) Equivocación de polímeros:** la equivocación de los polímeros para la fabricación de galones plásticos en la línea de termoformado es un error que se da consecuentemente debido a que en muchas ocasiones el personal no verifica correctamente el material contra la orden de trabajo y no hay un encargado que verifique el documento, por parte de los operarios, que son inexpertos; en muchas ocasiones no pueden notar o diferenciar las características que presenta cada producto como: textura, dureza y rigidez, lo cual afecta el proceso en pérdidas de material y dinero.

**b) Contaminación cruzada:** la contaminación cruzada es un evento que nos dio a conocer el encargado de la planta, y según menciona, se produce mucho en las tolvas y en el tornillo inyector de la máquina por falta de limpieza al terminar un producto o una jornada, lo cual ha afectado a diferentes galones cambiando sus características como el color, dureza, rigidez e incluso deformándolos por la combinación de 2 polímeros.

**c) Proveedores:** los proveedores con los que cuenta esta compañía es un consignatario competente en la zona donde esta empresa labora, brindando precios únicos en el mercado que proporciona una ventaja competitiva a nivel comercial en la venta de galón plástico, pero este ha presentado problemas como:

- Pesos nominales de cada saco donde viene embalado el polímero,
- Cantidad de galones que se produce por saco,
- Confusión de cantidad de sacos por lote,
- Demora de entrega.

Los puntos indicados fueron mencionados por Álvaro Moreira, donde él dio a conocer que, en muchas ocasiones, ha afectado considerablemente a la empresa durante su proceso de manufactura o confección del galón plástico.

#### **4. Proceso**

**a) Procesos no estandarizados:** los procesos con los que cuenta la empresa actualmente no son estandarizados, por lo que se les dificulta a los trabajadores tener claro sus tareas; estos conocimientos se le explican al personal los primeros días de ingreso a la compañía y, según comentó el encargado de la planta por parte de la organización, no se le da seguimiento después del segundo mes de ingreso del nuevo personal.

**b) Efectividad y eficacia en 1 persona:** todos los procedimientos y procesos que la compañía realiza recaen en manos de una sola persona: el encargado de planta, lo cual figura una deficiencia por parte de la empresa debido a que si este, por motivos personales u alguno otro, no puede asistir al trabajo, representa una amenaza directa al producto, a que no se fabrique, no se entregue a tiempo e incluso que el producto no sea fabricado correctamente. Según comentó Freddy Carvajal, dueño en jefe de la empresa PLASTICARVA S.A., están en proceso de capacitación de una nueva persona para que adquiera los conocimientos fundamentales que la empresa requiere para estar en su debido funcionamiento a causa de que esta persona falte en sus labores.

## **5. Medida**

**a) Falta de equipos de medición:** en PLASTICARVA S.A. los instrumentos requeridos para la medición y calibraciones de los diferentes componentes, máquinas e instrumentos con los que se cuentan en esta industria son ineficientes o no están disponibles, por lo que se realiza a criterio experto dándole una medida no exacta, los instrumentos calibrados por parte de la empresa a los que se le dan seguimiento son las romanas localizadas en la entrada principal de la bodega para el pesado de los polímeros; no obstante, los instrumentos utilizados para medición de espesores en el galón son inexistentes, por lo cual le dificulta al personal notar sus medidas correctas y establecidas por la empresa; por ende, pasan por alto esta inspección de calidad tan crucial que requiere el proceso.

**b) Control de calidad deficiente:** el control de calidad que se efectúa al producto es realizado por los operarios, donde estos le realizan una inspección final buscando que los galones no estén deformados, rallados o desmembrados (adelgace en secciones de galón); esta tarea se realiza de una forma muy general dándole paso al criterio experto que adquiere el personal durante el tiempo laborado en esta industria y según comentaron los operarios del área, muchos galones de PVC se van con deficiencias, por motivos de que el personal desconoce lo que es un verdadero control de calidad; este control de calidad tan pobre en la compañía repercute eventualmente en la devolución de producto o quejas por parte de los clientes, lo cual afecta los ingresos a la compañía o relaciones con estos.

## **6. Entorno**

**a) Pisos en mal estado:** en primera instancia, al ingreso de la planta se puede notar el mal estado en que se encuentran los pisos, por motivo de ingreso de máquinas a la planta ya que estas son pesadas y con el tiempo han presentado un desgaste significativo, además de esto, el mismo funcionamiento, tanto de las máquinas como las vibraciones, ayuda a que el piso cada día se dañe considerablemente.

**b) Excesos de desperdicios en el suelo:** el exceso de residuos en el suelo se presenta constantemente, por motivo que se trabaja con producto granulado y es difícil su manipulación sin derrames, pero esta problemática representa un peligro para los trabajadores ya que se puedan accidentar.

**c) Baños en mal estado:** la adquisición del edificio donde esta empresa opera representó un gasto significativo para el dueño en jefe Freddy Carvajal, lo cual ha reducido el capital con el que este cuenta y se le dificulta brindarle un mantenimiento apropiado, por lo que a pesar de los años ha mostrado desgaste en las instalaciones; una de esas molestias son los dos baños que se encuentran en mal estado y los trabajadores de la empresa se quejan a diario por la reparación de este, porque presenta malos olores, servicios quebrados y lavatorios con escasez de agua en ciertos momentos del día.

#### 4.3.2 Tabla de pesos de riesgos.

**Tabla 2**

*Tabla de pesos de riesgos*

Causa		Nivel de criticidad				
		1	2	3	4	5
Maquina	Falta de plan de mantenimiento preventivo			X		
	Máquinas antiguas de segunda mano		X			
	Reparaciones correctivas			X		
Personal	Duplicidad de procesos	X				
	Falta de capacitación					X
	Tiempos muertos		X			
Materiales	Equivocación de polímeros			X		
	Contaminación cruzada		X			
	Proveedores	X				
Proceso	Procesos no estandarizados				X	
	Efectividad y eficiencia depende de una persona		X			
Medida	Falta de equipos de medición					X
	Control de calidad deficiente					X
Entorno	Pisos en mal estado	X				
	Excesos de desperdicios en el suelo		X			
	Baños en mal estado	X				

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

### 4.3.3 Tabla de niveles de aceptación del riesgo

**Tabla 4**

*Niveles de riesgo*

Nivel de aceptabilidad del riesgo		
Nivel de Riesgo	Descripción	
1	No representa riesgo	Condición estable
2	Aceptable	No intervenir, salvo que necesite un análisis más preciso y lo justifique
3	Mejorable	Mejorar control existente
4	Aceptable con control específico	Corregir o adoptar medidas de control
5	No aceptable	Situación crítica urgente

**Nota:** Cada empresa debe definir sus niveles de aceptabilidad de acuerdo a la naturaleza de sus procesos

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

### 4.3.4 Tabla de aceptación de riesgos.

La tabla para la evaluación de riesgos permite comparar las diferentes tareas o procesos que se realizan en la línea de termoformado de acuerdo con la severidad y ocurrencia de los factores de riesgo presentes, que se estableció por medio de entrevistas y observaciones realizadas en la empresa PLASTICARVA S.A.

Asignar un peso para cada sub-causa facilita analizar detenidamente los factores que perturban directamente al proceso, evaluando los eventos determinados con mayor prioridad en la tabla de riesgo y poder brindar los recursos que se requiere para la elaboración de un plan de acción.

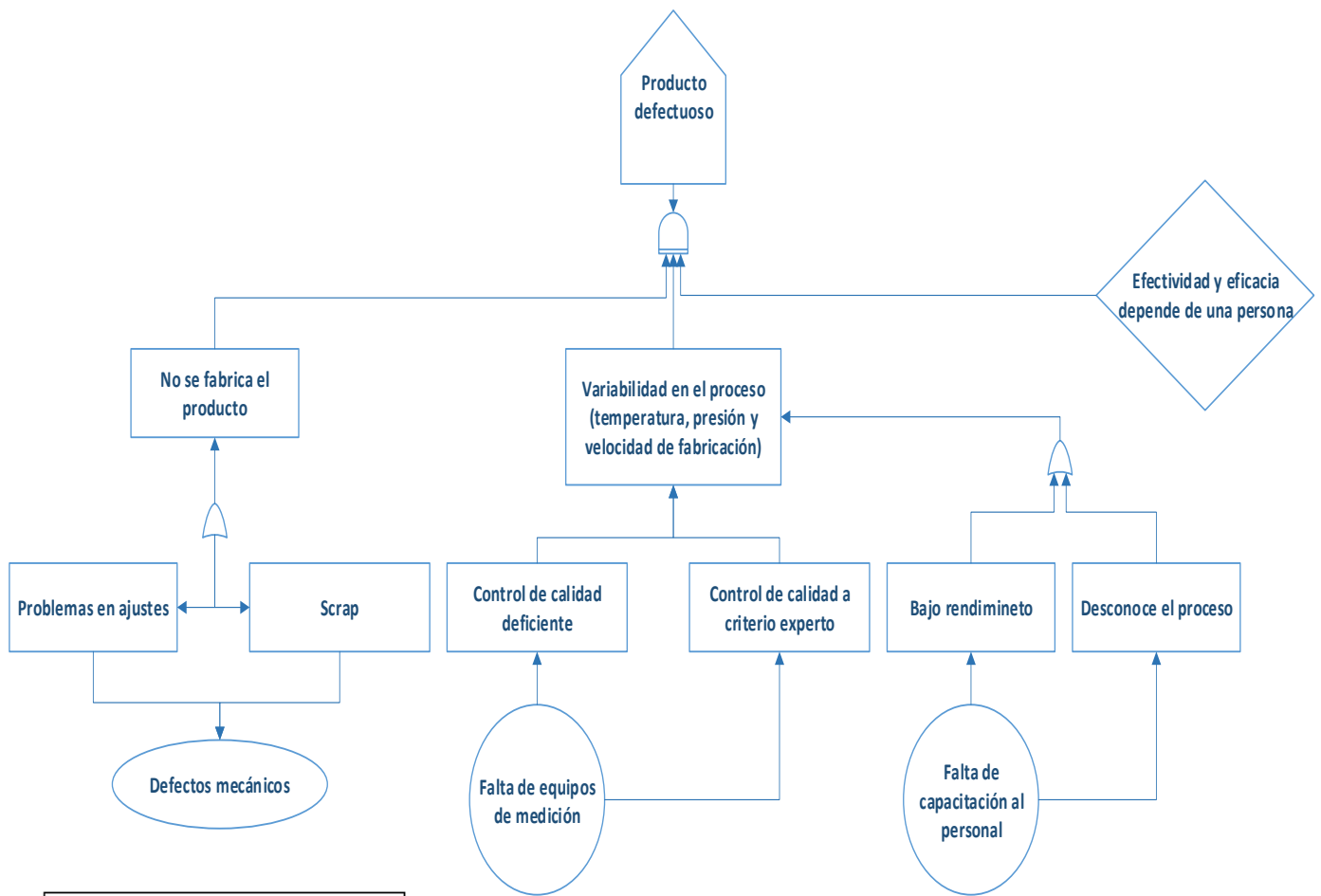
Para la elaboración de esta tabla se tomaron en cuenta los siguientes elementos:

- Trabajadores
- Instalaciones
- Materiales

### 4.4 Análisis de Árbol de Fallas

Para entrar más en detalle a la problemática con la que la empresa cuenta, se desarrolla un análisis de árbol de fallas con el fin de conocer, de forma ascendente, los acontecimientos que conlleva la fabricación del producto defectuoso.

Árbol de fallas de forma ascendente



Simbología utilizada	
	Evento básico
	Evento condicional
	Evento de inicio
	Puerta Y prioritaria
	Conector dinámico
	Evento
	Evento sin desarrollar
	Puerta O

Figura 13. Árbol de fallas  
Fuente: Elaboración propia, 2019.

#### **4.4.1 Árbol de fallas de forma ascendente.**

La elaboración del análisis de árbol de fallas de forma ascendente permite establecer una conclusión general que encabeza en la herramienta para luego determinar las causas específicas y construir un diagrama lógico de lo que sucede actualmente en la línea de termoformado.

El análisis proporcionado de forma sistemática en la cadena de sucesos en este instrumento de análisis, el factor que encabeza el diagrama es el producto defectuoso, debido a que se estableció por varios criterios para para llegar a la toma de esta decisión; cabe mencionar que en la elaboración de este análisis los datos utilizados fueron extraídos de la tabla de criticidad de los sucesos actuales de la línea de termoformado, donde estos datos fueron recopilados gracias a la entrevista personal de don Álvaro Moreira Alfaro quien es una persona que tiene 5 años de experiencia en esta industria.

No obstante, algunos factores en el árbol de fallas como la efectividad y eficacia en mano de una sola persona no se desarrollaron en razón de que no infiere, directamente, en la elaboración del galón plástico, por lo mismo no fue necesario desarrollarlo a profundidad.

Los defectos en la máquina de termoformado se tomaron como un evento condicional, debido a que es un suceso que ocurre de forma espontánea y que no se conoce en el tiempo que pueda presentar una falla, pero sí prever con un debido mantenimiento; sin embargo, este evento se desarrolló para determinar que sucede con el personal que labora en esta área.

## 4.5 Gráfico de Control

### Tablas de muestreo de presión

**Tabla 5**

*Muestreo de presión*

EMPRESA PLASTICARVA S.A.												
ESPECIFICACIONES DE MAQUINA DE MAQUINA						DEPARTAMENTO			MECANICO			
MOLDE	MATERIAL		MUESTRAS TOMADAS			LINEA DE TERMOFORMADO			KEVIN B.			
MOLDE 1	POLIVINILO PVC		117			MAQUINA			OPERADOR			
MOLDE 2	POLIVINILO PVC					INYECTORA 747			EDGARDO H.			
TEMPERATURA DE CORTE	PRESION		VELOCIDAD (RPM)			MUESTREO DE PRESION			SUPERVISOR			
70°C	29-41PSI		21SEG						ALVARO F.			
PLAN DE MUESTREO				IDENTIFICACION DE DEFECTOS						CANTIDAD DE CORRIDAS		
UNIDADES	CICLOS		TOTAL UNIDADES	RALLAS / MARCAS	DESMEMBRACION	ESPESOR DELGADO	DEFORMACION	REBABAS	COLOR	PRUEBA ATRIBUTIVA (Pasa/Falla)		
	INICIO	FINAL								1	2	3
29 PSI	1	3	3	X			X	X		Fallo	Fallo	Fallo
30 PSI	1	3	3	X			X			Fallo	Fallo	Fallo
31 PSI	1	3	3				X	X		Fallo	Pasa	Fallo
32 PSI	1	3	3							Pasa	Pasa	Pasa
33 PSI	1	3	3							Pasa	Pasa	Pasa
34 PSI	1	3	3							Pasa	Pasa	Pasa
35 PSI	1	3	3							Pasa	Pasa	Pasa
36 PSI	1	3	3							Pasa	Pasa	Pasa
37 PSI	1	3	3							Pasa	Pasa	Pasa
38 PSI	1	3	3	X						Pasa	Pasa	Pasa
39 PSI	1	3	3		X		X			Fallo	Pasa	Fallo
40 PSI	1	3	3	X	X		X	X		Fallo	Fallo	Fallo
41 PSI	1	3	3		X		X			Fallo	Fallo	Fallo
RANGOS RECOMENDADOS				APROBACION								
MINIMO	MAXIMO		SUPERVISOR			DATE	GERENTE			FECHA		
32 PSI	38 PSI		ALVARO F			6/5/2019	FREDDY			6/5/2019		

Fuente: Elaboración propia, 2019.

#### 4.5.1 Muestreo de presión.

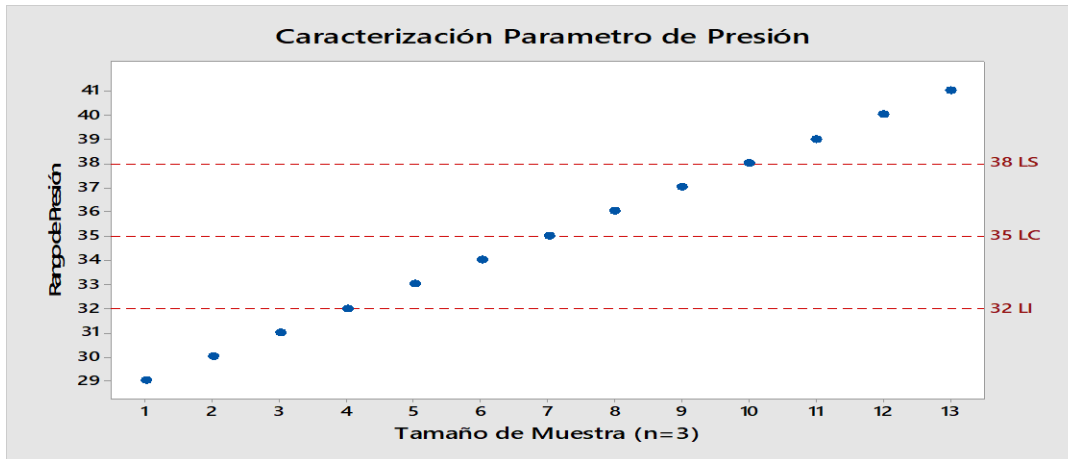


Gráfico 1. Muestreo de presión

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Para identificar la presión que se debe utilizar en la inyectora 747, se estableció un muestreo a prueba y error, donde se pudo determinar, luego de 117 muestras tomadas en grupos de 3, la presión adecuada para este proceso, debido a que esta tarea se hace a criterio experto y no cuentan con ningún manual de apoyo para los operarios.

Tabla 6

Control de presión de presión

Control de presión PVC	
Límite inferior	32 PSI
Límite central	35 PSI
Límite superior	38 PSI

Fuente: Elaboración propia, 2019.

El objetivo de esta tabla es establecer los límites de presión que la inyectora 747 requiere para el correcto formado del galón tipo jarra de PVC.

## Tablas de muestreo de temperatura

**Tabla 3**

### Muestreo de presión

EMPRESA PLASTICARVA S.A.												
ESPECIFICACIONES DE MAQUINA DE MAQUINA					DEPARTAMENTO				MECANICO			
MOLDE		MATERIAL		MUESTRAS TOMADAS	LINEA DE TERMOFORMADO				KEVIN B.			
MOLDE 1		POLIVINILO PVC		99	MAQUINA				OPERADOR			
MOLDE 2		POLIVINILO PVC			INYECTORA 747				EDGARDO H.			
TEMPERATURA DE CORTE		PRESION		VELOCIDAD (RPM)	MUSTREO DE TEMPERATURA				SUPERVISOR			
70 °C		150°C - 180°C		21SEG					ALVARO F.			
PLAN DE MUESTREO				IDENTIFICACION DE DEFECTOS						CANTIDAD DE CORRIDAS		
UNIDADES	CICLOS		TOTAL UNIDADES	RALLAS/MARCAS	DESMEMBRACION	ADELGACE	DEFORMACION	REBABAS	COLOR	PRUEBA ATRIBUTIVA (Pasa/Falla)		
	INICIO	FINAL								1	2	3
160°C	1	3	3	X			X			Fallo	Fallo	Fallo
165°C	1	3	3	X			X	X		Fallo	Fallo	Fallo
170°C	1	3	3							Pasa	Pasa	Pasa
175°C	1	3	3	X						Pasa	Pasa	Pasa
180°C	1	3	3							Pasa	Pasa	Pasa
185°C	1	3	3							Pasa	Pasa	Pasa
190°C	1	3	3							Pasa	Pasa	Pasa
195°C	1	3	3							Pasa	Pasa	Pasa
200°C	1	3	3							Pasa	Pasa	Pasa
205°C	1	3	3	X	X					Pasa	Fallo	Fallo
210°C	1	3	3	X	X	X				Fallo	Fallo	Fallo
RANGOS RECOMENDADOS				APPROVACION								
MINIMO		MAXIMO		SUPERVISOR			DATE		GERENTE		FECHA	
170°C		200°C		ALVARO F			6/5/2019		FREDDY		6/5/2019	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

#### 4.5.2 Muestreo de temperatura.

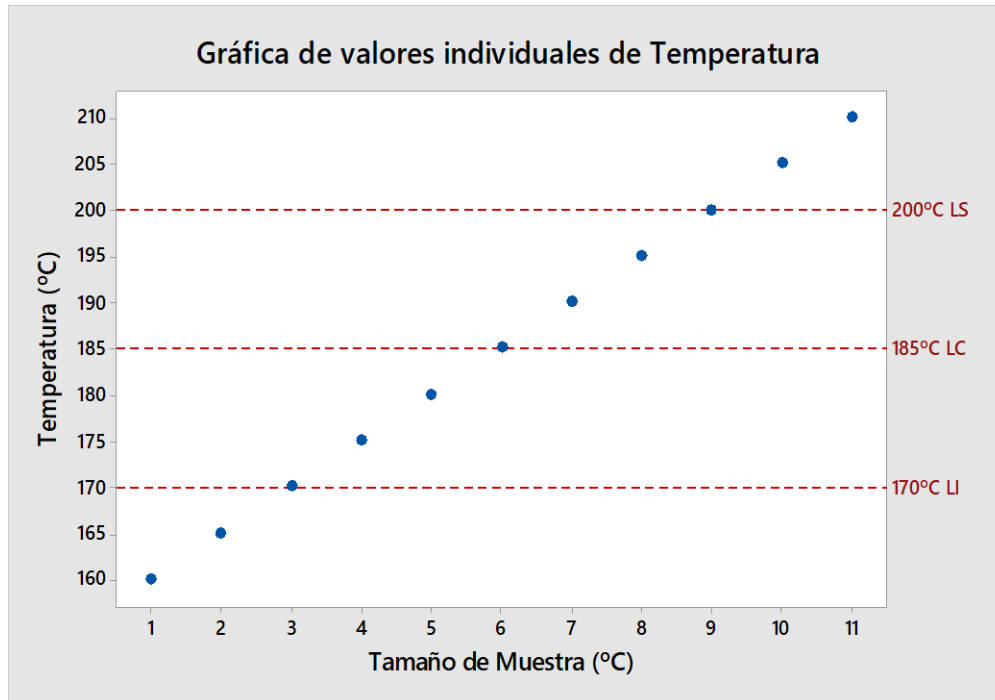


Gráfico 2. Muestreo de temperatura

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

Identificar la temperatura ideal para la fabricación del galón plástico de PVC en la inyectora 747 es de suma importancia, lo cual permite medir la calidad con la que se fabrica este producto, pero en la PLASTICARVA S.A. es una tarea que no se realiza correctamente o se desconoce la forma de hacerlo, por ende se realiza un muestreo de temperatura en razón de 99 muestras tomadas a prueba y error en una escalada de 5 en 5 de forma lineal para notar cambios significantes de temperatura presentes en el galón y determinar su comportamiento y poder así establecer los límites de especificación.

## Tabla de temperaturas

**Tabla 4**

*Tabla de temperatura*

Control de temperatura PVC	
Límite inferior	170°C
Límite central	185°C
Límite superior	200°C

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

## 4.6 OEE (Overall Equipment Effectiveness)

El OEE es la mejor métrica disponible para optimizar los procesos de fabricación y está relacionada directamente con los costes de operación; informa sobre las pérdidas del proceso y enlaza la toma de decisiones financieras y el rendimiento de las operaciones de planta, ya que permite justificar y medir cualquier decisión sobre nuevas inversiones.

### 4.6.1 Datos de producción.

**Tabla 9**

*Datos de producción*

Datos		Unidades
Días de trabajo semanal	5	Días
Horas por día trabajadas	8	Horas
Jornadas	1	Turno
Velocidad máxima de producción	11520	Unidades
Producción total por mes (20 días)	230400	Unidades
Unidades defectuosas (20 días)	57600	Unidades
Mantenimiento (20 días)	80	Horas
Corrida máxima (20 días)	800	Horas

**Fuente:** Datos suministrados por PLASTICARVA S.A., 2019.

- **Días de trabajo semanal:** en la empresa PLASTICARVA S.A., labora 5 días a la semana que corresponde de lunes a viernes,
- **Horas por día trabajadas:** la cantidad de horas que el personal labora corresponde a 8 horas diarias, contemplando:
  - 15 minutos de desayuno
  - 45 minutos de almuerzo
- **Jornadas:** La empresa actualmente cuenta con 1 jornada diurna,
- **Velocidad máxima de producción:** para determinar la velocidad máxima de producción se establece de la siguiente manera:
 
$$\left(\frac{60s}{5s (fabricacion por unidad)}\right) \times 2 \text{ Moldes} \times 1 \text{ Hora} \times 8 \text{ horas de jornada}.$$
- **Producción total por mes (20 días):** la conversión de velocidad máxima de producción se determinada: 230400 unidades x 20 días al mes,
- **Unidades defectuosas (20 días):** la cantidad de unidades defectuosas es un dato proporcionado por la empresa, por el motivo que acceder a los datos de contabilidad que la empresa actualmente utiliza es imposible accezar por su confidencialidad; sin embargo, la compañía brindó el porcentaje de unidades defectuosas al mes (20 días) que representa el 25 % de acuerdo con los datos de historial de contabilidad de la empresa,
- **Mantenimiento (horas):** cabe señalar que la empresa dedica solamente mantenimiento correctivo y no preventivo, por lo que la cantidad de horas es relativa, pero gracias a la amplia experiencia de Álvaro Alfaro Moreira nos indicó que aproximadamente a la semana se pueden trabajar en mantenimiento el total de 4 horas semanales, teniendo en cuenta que es un

número que puede variar en  $\pm$  1 hora; sin embargo, el promedio de mantenimiento es de 4 horas,

- **Corrida máxima:** la corrida máxima de la empresa en horas al día es 8, por motivo de que el descanso y almuerzo de los trabajadores se debe alternar con otro operario o encargado, debido a que la máquina para su funcionamiento y configuración de encendido puede demorar un tiempo significativo retardando la producción.

#### 4.6.2 Tabla de indicadores.

**Tabla 5**

*Tabla de indicadores*

INDICADORES	horas/mes
Tiempo teórico de trabajo	800
Tiempo perdido por mantenimiento/ Cambio de molde	80
Tiempo perdido por alimentación	0
Tiempo total perdido	80
Tiempo real de trabajo	720
Disponibilidad	90%
Producción real	230400
Producción teórica	700000
Rendimiento/Eficiencia	33%
Producción buena	172800
Calidad	75%
OEE	22%

**Fuente:** Datos suministrados por PLASTICARVA S.A., 2019.

#### 4.6.2 Tabla de resumen.

**Tabla 11**

*Tabla de resumen*

Indicadores		Clasificación
Disponibilidad	90%	Buena
Rendimiento	33%	Inaceptable
Calidad	75%	Regular

**Fuente:** Datos suministrados por PLASTICARVA S.A. 2019.

#### 4.6.4 Cálculos de indicadores del OEE.

Para determinar los cálculos del OEE se describen los procedimientos a continuación:

- **Tiempo teórico de trabajo:** para determinar el tiempo teórico de trabajo se calcula con la conversión de ((8 horas de jornada X 5 días laborados a la semana) X 20 días al mes),
- **Tiempo perdido por mantenimiento/Cambio de molde:** tiempo perdido por mantenimiento o cambio de molde se determina por: (4 horas de mantenimiento a la semana X 20 días al mes),
- **Tiempo perdido por alimentación:** el tiempo perdido por alimentación representa 0 horas por motivo de que su hora de descanso debe ser remplazado o alternado por otro operario o encargado,
- **Tiempo total perdido:** está determinado por: (80 horas de tiempo perdido por mantenimiento + 0 horas de tiempo de alimentación),
- **Tiempo real de trabajo:** se establece por: (800 horas de tiempo teórico de trabajo – 80 horas de tiempo total perdido),

- **Disponibilidad:** para determinar el indicador de disponibilidad de trabajo se estable por la división:  $(720 \text{ hora de tiempo real de trabajo} / 800 \text{ horas de tiempo teórico de trabajo})$ ,
- **Producción real:** la producción real equivale al igual de 230400 unidades de producción total al mes,
- **Producción teórica:** la producción teórica es la conversión de las metas asignadas al personal de  $(7000 \text{ unidades} \times 20 \text{ días al mes de trabajo})$ ,
- **Rendimiento/ eficiencia:** el indicador de rendimiento o eficiencia de la maquina se estable por la división de  $(230400 \text{ unidades de producción real} / 70000 \text{ unidades de producción teórica})$ ,
- **Producción buena:** para determinar la producción buena es la resta de:  $(230400 \text{ unidades de producción real} - 57600 \text{ unidades defectuosas al mes})$ ,
- **Calidad:** el indicador de la calidad de la máquina de termoformado se establece por la diferencia de:  $(172800 \text{ unidades de producción buena} / 230400 \text{ producción real teórica})$ :
- **OEE:** el OEE de la línea de termoformado se estable como  $((0,9 \text{ de disponibilidad} \times 0,33 \text{ rendimiento} \times 0,75 \text{ de calidad}) * 100)$ .

#### 4.6.5 Tabla de indicadores.

El análisis establecido en la tabla de cálculos del OEE, con el fin de medir y analizar la situación actual de la máquina, toman los 3 criterios más importantes que se explican a continuación:

- 1. Disponibilidad:** la disponibilidad de la línea de termoformado, según la tabla de clasificación del OEE, está representada por un 90 % dado por el criterio de “Buena” entrando en una clasificación de valores competitivos.
- 2. Rendimiento/Eficiencia:** determinar el rendimiento de la máquina para la elaboración de galones tipo jarra de PVC, actualmente es “Buena” y deja considerables ganancias, pero dicho proceso puede mejorar, está establecida según la clasificación de la tabla del OEE, es “Inaceptable”, dada con un 33 % de rendimiento.
- 3. Calidad:** según la clasificación del OEE con respecto a la calidad es de un 75 %, pero cabe resaltar que este indicador directamente en la línea de termoformado presenta varias pérdidas considerables por motivo de inspecciones de calidad deficientes por la falta de equipos de medición.

## 4.7 Situación Actual en la Línea de Termoformado

### Tabla de costos mensuales de producción

**Tabla 6**

*Costos operacionales*

Costo de mano de obra		
Descripción	Desglose	Total
Costo de operarios	2 Operarios X ₡ 1450 Salario/H X 8H X 20 Días X 1,55 Cargas de sociales	₡ 719 200
Costo de transporte	1 Chofer *1450 Salario/H X 8H X 20 Días X 1,55 Cargas sociales	₡ 359 600
Costo de supervisor	1 Supervisor X ₡ 2450 Salario/H X 8 H X 20 Días X 1,55 Cargas de sociales	₡ 607 600
<b>Total, mano de obra</b>		<b>₡ 1 686 400</b>

Costo de producción		
Descripción	Desglose	Total
Costo de materia prima	1 Saco de 50 kg X 1040 Mensuales X 15000 Costo de saco	₡ 15 600 000
Combustible	10000 Colones por día de combustible para bomba de agua	₡ 200 000
<b>Total, producción</b>		<b>₡ 15 800 000</b>

Costos Fijos		
Descripción	Desglose	Total
Electricidad	Consumo de electricidad	₡ 180 000
Agua	Consumo de agua	₡ 60 000
Internet	Consumo de internet de 15 megas	₡ 350 000
<b>Total, gastos fijos</b>		<b>₡ 590 000</b>

<b>Total, costos</b>	<b>₡ 18 076 400</b>
----------------------	---------------------

**Fuente:** Datos suministrados por PLASTICARVA S.A., 2019.

#### 4.8.1 Costos operacionales.

Cabe mencionar que la información mostrada es con base en datos suministrados por la empresa, dando que estos revelan los costos necesarios para el funcionamiento de la línea de termoformado.

#### 4.8.2 Pérdidas por producto defectuoso.

##### Tabla de pérdidas económicas

**Tabla 7**

*Tablas de pérdidas económicas*

	Total, unidades (Mes)	25 % defectuoso (Mes)	Perdidas mensuales	Pérdidas Anuales
Devoluciones	39168	17%	₡ 2 350 080	₡ 28 200 960
Scrap	18432	8%	₡ 1 105 920	₡ 13 271 040
<b>Total</b>	<b>57600</b>	<b>25%</b>	<b>₡ 3 456 000</b>	<b>₡ 41 472 000</b>

Datos de referencias	
Produccion total mensual	230400
Costo de fabricacion por unidad	₡ 60

**Fuente:** Plasticarva S.A., 2019.

##### 4.8.2.1 Pérdidas anuales sin propuesta en línea de termoformado.

Los datos reflejados anteriormente muestran las pérdidas anuales de la línea de termoformado por concepto de:

- 17% de devoluciones por parte del cliente
- 8% de scrap en producción

Para un total del 25 % sobre la producción total mensual 230,400 unidades.

**CAPÍTULO V**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN**

**DE LA SOLUCIÓN**

## **5.1 Actividades para Implementar la Propuesta de Mejora**

### **5.2 Propuesta 1**

En este capítulo se indica cuáles son las propuestas que se requieren poner en práctica o aplicar en la línea de termoformado de la empresa PLASTICARVA S.A., asimismo, consta de diferentes partes que se detallada a continuación.

#### **5.2.1 Etapa 1: Manual de Procedimientos (ver Anexo 3).**

Esta propuesta consiste en diseñar un manual de procedimientos que le permita al personal conocer el debido funcionamiento y utilización de la inyectora 747, de manera que el operario pueda capacitarse ágilmente y darles a conocer de forma detallada y ordenada todas las instrucciones e información sobre esta máquina para ponerla en funcionamiento.

Para la implementación de este manual de procedimientos el encargado de ejecutarla será un experto quien asesorará temporalmente a la empresa, debido a que el supervisor no cuenta con el suficiente tiempo para hacerse cargo de esta capacitación, asimismo este manual se procederá a implementar de la siguiente manera:

1. El personal de la línea de termoformado deberá reunirse con el asesor que para proveer la capacitación y concebir cuál es el objetivo de este manual.
2. Entregar el manual de procedimientos de forma física.
3. Se les dará a conocer el tiempo con el que disponen para instruirse y ponerlo en práctica (3 meses).

4. Dar seguimiento durante este periodo para verificar que el personal esté utilizando el manual de procedimientos de la inyectora 747, por medio de auditorías durante la semana.
5. Después de los 3 meses transcurridos se procederá a realizar una prueba por parte del encargo de planta Álvaro Moreira Alfaro y el asesor, con el objetivo de verificar el conocimiento que recibió cada operador del manual.
6. Dicha prueba tendrá una calificación donde el operador deberá conseguir una calificación de 70 como mínimo, de lo contrario se procederá a:
  - Nota superior a 70: se aprueba el operario y se entrega una certificación,
  - Nota inferior a 70: se identifican las causas por las cuales el operario no pasó la prueba y se tomarán las siguientes medidas:
    - 1) Un mes extra para capacitarse.
    - 2) Se realiza nuevamente una prueba, de lo contrario se expone a:
      - Traslado a otra línea
      - Sanción

### **5.2.2 Etapa 2: Manual de Inspección de Calidad (ver anexo 4).**

El Manual de Inspección de Calidad tiene como objetivo medir y comprobar las características del galón plástico de PVC de forma segura, asignando varios puntos de control que permitan aseverar cuál es la correcta inspección de calidad que el operador debe brindarle al galón plástico tipo jarra, así mismo se detallan cómo se desarrollará la capacitación de este manual:

1. El personal de la línea de termoformado deberá reunirse con el asesor que los capacitará para proveer la capacitación y concebir cuál es el objetivo de este manual.
2. Entregar el manual de inspección de calidad de forma física.
3. Se les dará a conocer el tiempo con el que disponen para instruirse y ponerlo en práctica (3 meses).
4. Dar seguimiento durante este periodo para verificar que el personal esté utilizando el manual de calidad correctamente, por medio de auditorías durante la semana.
5. Después de los 3 meses transcurridos se procederá a realizar una prueba por parte del encargo de planta Álvaro Moreira Alfaro y el asesor, con el objetivo de verificar el conocimiento que recibió cada operador del manual de inspección de calidad.
6. Dicha prueba tendrá una calificación donde el operador deberá conseguir una calificación de 70 como mínimo, de lo contrario se procederá a:
  - Nota superior a 70: se aprueba el operario y se entrega certificación,

- Nota inferior a 70: se identifican las causas por las que el operario no pasó la prueba y se tomarán las siguientes medidas:
  - 1) Un mes extra para capacitarse.
  - 2) Se realiza nuevamente una prueba, de lo contrario se expone a:
    - Traslado a otra línea
    - Sanción

### **5.2.3 Etapa 3: herramienta de medición (ver anexo 5).**

La herramienta propuesta para la medición de espesores PCE-CT-25 tiene como objetivo determinar la calidad con la que se fabrica el galón de PVC tipo y, así mismo, poder identificar ágilmente los galones defectuosos en la línea con desmembramiento (adelgace de espesor en el galón).

La inspección de calidad para determinar los espesores requeridos en el galón de PVC, para el personal del área de termoformado, le representa una tarea de difícil detección; cabe así resaltar la importancia y urgencia de la entrega de una herramienta de medición de fácil manipulación para los operarios y que, de esta manera, puedan realizar la inspección correctamente y evitar el envío del producto no conforme con los clientes.

Además, para la implementación de esta herramienta se debe llevar a cabo de la siguiente forma:

1. El asesor encargado de la capacitación del personal les brindará una charla sobre la herramienta de espesores PCE-CT-25 y les brindará un manual de instrucciones.
2. El asesor le brindará una explicación de cómo se debe calibrar esta herramienta.
3. Se le brindará al personal una capacitación de cómo se debe realizar la inspección de calidad con la herramienta de medición PCE-CT-25 al producto y dar a conocer cuáles son los rangos establecidos para los espesores del galón de PVC, (3 meses de capacitación).
4. Después de los 3 meses se procederá a realizar una prueba por parte del encargo de planta Álvaro Moreira Alfaro y el asesor, con el objetivo de verificar el conocimiento que recibió cada operador para el uso adecuado de la herramienta de medición de espesores PCE-CT-25.
5. Dicha prueba tendrá una calificación donde el operador deberá conseguir una calificación de 70 como mínimo, de lo contrario se procederá a:
  - Nota superior a 70: se aprueba el operario y se entrega certificación,
  - Nota inferior a 70: se identifican las causas por las cuales el operario no pasó la prueba y se tomarán las siguientes medidas:
    - 1) Un mes extra para capacitarse.
    - 2) Se realiza nuevamente una prueba, de lo contrario se expone a:
      - a:
        - Traslado a otra línea
        - Sanción

#### **5.2.4 Etapa 4: documento de trazabilidad (ver anexo 6).**

El objetivo del documento de trazabilidad para la fabricación de los galones plásticos de PVC en la empresa PLASTICARVA S.A., es conocer el procedimiento que se le brindó al galón durante su fabricación, como también controlar y medir la calidad con la que se diseñó.

Este documento le permite a la empresa a:

1. Conocer, paso a paso, quiénes han estado implicados en la tarea, de manera que reduciremos el tiempo empleado en solucionar cualquier error.
2. Establecer diferentes niveles de acceso y modificación del documento, de manera que solo pueda editarlo o simplemente imprimirlo quien esté autorizado, lo que supondrá también un ahorro de tiempo y la minimización de errores.
3. Medir y controlar las tolerancias asignadas al producto para el debido proceso de fabricación del galón plástico de PVC.

El documento de trazabilidad para la fabricación del galón de PVC le permite a la empresa verificar la calidad en el origen y no pagar por productos defectuosos que los clientes devuelven por deficiencias presentes en el galón, además ayuda a anticipar retrasos en la producción, lo cual garantiza que el producto que recibe el cliente esté correcto.

Las actividades para la implementación de la etapa corresponden a:

1. El asesor encargado de la capacitación brindará la información, manuales y la documentación al personal de la línea de termoformado.
2. Se explicarán las métricas, los defectos y las tolerancias que se deben anotar en el documento de trazabilidad para la fabricación del galón plástico de PVC.
3. Se procederá, por parte del encargado de planta Álvaro Alfaro Moreira y el asesor a cargo, a realizar una muestra como ejemplo para que puedan tener claro cómo se debe realizar esta inspección para generar el documento de trazabilidad.
4. Después del periodo de capacitación (3 meses), se procede a realizar una prueba donde el operador deberá conseguir una calificación de 70 como mínimo, de lo contrario se procederá a:
  - Nota superior a 70: se aprueba el operario y se entrega certificación,
  - Nota inferior a 70: se identifican las causas por las cuales el operario no pasó la prueba y se tomarán las siguientes medidas:
    - 1) Un mes extra para capacitarse.
    - 2) Se realiza nuevamente una prueba, de lo contrario se expone a:
      - Traslado a otra línea
      - Sanción

## 5.2.5 Beneficios por implementación.

### 5.2.5.1 Tabla de beneficios por propuesta.

**Tabla 14**

*Beneficios de implementación*

	Total, unidades (Mes)	25 % defectuoso (Mes)	Perdidas mensuales	Pérdidas Anuales
Devoluciones	39168	17%	₡ 2 350 080	₡ 28 200 960
Scrap	18432	8%	₡ 1 105 920	₡ 13 271 040
<b>Total</b>	<b>57600</b>	<b>25%</b>	<b>₡ 3 456 000</b>	<b>₡ 41 472 000</b>

	Unidades rechazadas	Proyección	Ahorro mensual	Ahorro anual
Propuesta de mejora	34560	15%	₡ 2 073 600	₡ 24 883 200
Margen de error	4608	2%	₡ 276 480	₡ 3 317 760
<b>Total</b>	<b>39168</b>	<b>17%</b>	<b>₡ 2 350 080</b>	<b>₡ 28 200 960</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

### Proyección de propuesta

La proyección por la implementación de la propuesta 1 en la empresa PLASTICARVA S.A. está dada por un 15 % sobre las devoluciones de producción total teniendo en cuenta un 2 % por criterios de error humano o de herramientas dicho que todo proceso este sujeto a un % de error.

El 15 % que se proyecta a reducir por la implementación de la propuesta 1 está dado en las 34560 unidades mensuales que actualmente el cliente rechaza o devuelve de la producción total por un monto de ₡2,073,600 mensuales.

El 2 % de error dado por 4608 unidades por un monto de ₡276,480 se estima que se puede generar por un mal procedimiento o muestreo de calidad sesgado; sin embargo, este 2 % es el margen permitido de error por parte de los clientes, pero se es consciente de que hoy este % es superado.

### 5.2.5.2 Costo por implementación.

#### Tabla de costos por implementación

**Tabla 15**

*Costos por implementación*

Concepto	Desglose	Costo
Asesor	15 sesiones de 2 H	€ 1 415 976
Herramienta	2 unidades PCE-CT-25	€ 156 023
Manuales	4 Manuales	€ -
<b>Total</b>		<b>€ 1 571 999</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

Los costos por implementación de la propuesta 1 consiste en la compra de la herramienta de medición de espesores PCE-CT-25, donde esta se cotizó en Capriz y su monto por 2 herramientas es de €156.023.

El coste para la capacitación que se le brindará al personal es de €1,415,976 sobre los 4 manuales de procedimientos:

1. Manual de Procedimientos de la Inyectora 747.
2. Manual de Inspección de Calidad.
3. Manual de Herramienta de Medición PCE-CT-25.
4. Manual del Documento de Trazabilidad del Galón de PVC.

Además, esta capacitación abarcara para el personal de la línea de termoformado y una persona extra, esto quiere decir que 3 personas se capacitarán por el monto individual de €471,972 por los 3 meses que durará la capacitación.

**CAPÍTULO VI**

**CONCLUSIONES Y**

**RECOMENDACIONES**

## 6.1 Conclusiones

Basados en los resultados obtenidos y analizados en el capítulo 4, se pudo identificar las debilidades y carencias que alteran a la línea de termoformado donde se fabrica el galón de plástico de PVC, que, eventualmente, afecta al producto final; por ende, es de suma importancia establecer controles que permitan reducir el 17 % de producto defectuoso por disconformidades con los clientes, además indirectamente disminuir el 8 % del scrap en producción.

Sin embargo, al finalizar este proyecto de investigación se determinó que las causas que pueden estar afectando que aumente el porcentaje de producto defectuoso son:

El escaso conocimiento y capacitación del personal a cargo de la inyectora 747 de la línea de termoformado; estos incurrían en el error de omitir tareas o procesos claves para la correcta configuración, tanto de encendido como de funcionamiento de esta para la adecuada fabricación del galón de PVC, por lo que se generaba producto defectuoso que llegaba a las manos de los clientes de la empresa PLASTICARVA S.A. para crear una pérdida de ingresos y, a su vez, disconformidades por parte de los clientes.

Por la falta de equipos de medición en la línea de termoformado para el correcto control de calidad e inspección del galón tipo jarra de PVC; el personal asume que el galón se fabricó correctamente sin una verificación previa, lo cual provocando que se despachen galones defectuosos sin conocimiento de la empresa al destinatario final.

Realizar una adecuada inspección al producto no es una tarea que se pueda realizar a la ligera ya que es el factor más importante para que los clientes prefieran los productos que PLASTICARVA S.A, realiza y manufactura antes que los de la competencia; por esta razón, es importante que se sepa trabajar con los adecuados objetivos de control de calidad y que el personal los entienda correctamente, enfocándose en la satisfacción del cliente debido a que es el consumidor quien dicta los patrones adecuados y requeridos en los productos.

La falta de documentos de trazabilidad para el personal que fabrica y manufactura el galón plástico de PVC es de suma importancia porque permiten conocer el histórico, la ubicación y la trayectoria del producto a lo largo de la cadena de suministros en un momento dado, lo cual abre espacio a que la empresa conozca y respalde sus procesos ante el cliente si el mismo lo requiere o solicita.

Por lo que la propuesta 1 en este proyecto pretende reducir costos asociados con los defectos que el galón de PVC; presenta, a través de la implementación de manuales y herramientas de medición para el personal de la línea de termoformado, estableciendo nuevos controles y mejoras de los procesos de fabricación del galón tipo jarra en la empresa PLASTICARVA S.A.

## 6.2 Recomendaciones

Durante el desarrollo de este proyecto se logró encontrar deficiencias en el proceso de fabricación e inspección de calidad del galón plástico de PVC en la línea de termoformado por lo cual está generando costos de carga fabril, por lo que se recomienda que la empresa tome medidas que le permitan mantener un mayor control sobre la calidad y producción de sus productos, por medio de estándares que deben cumplirse para poder fabricar sus insumos, con el objetivo de que se mantenga un control de las actividades con un mayor orden y que permita la eliminación de fabricación y devolución de material defectuosos.

Por lo que se recomienda:

1. Certificar y validar el personal en los procesos productivos y en el manejo de la maquinaria con la que cuenta la empresa para la fabricación del galón plástico de PVC.
2. Brindar seguimiento al personal en cuanto al nuevo proceso de fabricación, inspección de calidad y ajuste de maquinaria en la línea de termoformado, esto con el fin de reducir costes por producto defectuoso.
3. Acondicionar las instalaciones de manera adecuada para aumentar la motivación y el buen rendimiento del personal para el desarrollo de las funciones de manufactura.
4. Asignar un correcto mantenimiento preventivo a los equipos para evitar cualquier accidente o malfuncionamiento repentino que implique una pérdida económica significativa para la empresa.

**REFERENCIAS  
BIBLIOGRÁFICAS**

## Referencias bibliográficas

### Artículo de revista en Internet

1. Freddy Alvarado Vargas. (2019). Apuntes empresariales, conexionesan [Internet]. 2018, [Citado el 9 de febrero del 2019], Disponible en:  
<https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2018/01/six-sigma-la-metodologia-para-eliminar-defectos-en-cualquier-producto-o-servicio/.com>
2. Adriana Gomez Volio. (2019). Portafolio de serviciosde calidad, Admin [Internet]. 2013, [Citado el 11 de febrero del 2019], Disponible en:  
<https://asesordecualidad.blogs.pot.com>
3. Diego Betancourt, Carta de control, Mejoramiento de procesos [Internet]. 2016, [ Citado el 11 de febrero del 2019], Disponible en:  
<https://ingenioempresa.com/grafico-de-control/>
4. Geo operaciones, Blog gestión e investigación [Internet]. 2017, [Citado el 14 de febrero del 2019], Disponible en:  
<https://www.gestiondeoperaciones.net/gestion-de-calidad/que-es-el-diagrama-de-ishikawa-o-diagrama-de-causa-efecto/>
5. Profesor Juan Hernández, Ingeniería industrial online, [Internet]. [Citado el 18 de febrero del 2019], Disponible en:  
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/mantenimiento/eficiencia-general-de-los-equipos-oeef/>
6. Profesor Melissa Grant, Mejoramiento de la productividad, Universidad Hispanoamericana, 2018; 1(19):5-7

**Libros**

7. Gutiérrez, H. (1998), Calidad total y productividad (1ª. ed.), México: McGraw-Hill.
8. Gutiérrez Mora Alberto, (2009) Mantenimiento, planeación ejecución y control, (1ª. ed.): México Mora Luis

# **ANEXOS**

## Anexo 1. Entrevista

### Área de termoformado del galón plástico

#### PLASTICARVA S.A.

**Nombre:** Álvaro Alfaro Moreira.

**Puesto:** Supervisor de planta y encargado principal del área de termoformado.

- De acuerdo con la siguiente tabla, se establecen las fallas más frecuentes en la línea de termoformado.
- Marcar con una **X** el nivel crítico que representa cada falla actualmente para la línea.

Causa		Nivel de criticidad				
		1	2	3	4	5
<b>Máquina</b>	Falta de plan de mantenimiento preventivo					
	Máquinas antiguas de segunda mano					
	Reparaciones correctivas					
<b>Personal</b>	Duplicidad de procesos					
	Falta de capacitación					
	Tiempos muertos					
<b>Materiales</b>	Equivocación de polímeros					
	Contaminación cruzada					
	Proveedores					
<b>Proceso</b>	Procesos no estandarizados					
	Efectividad y eficiencia depende de una persona					
<b>Medida</b>	Falta de equipos de medición					
	Control de calidad eficiente					
<b>Entorno</b>	Pisos en mal estado					
	Excesos de desperdicios en el suelo					
	Baños en mal estado					

De acuerdo con la frecuencia de los problemas y su nivel de criticidad marcar de acuerdo con la siguiente tabla:

<b>Nivel de aceptabilidad del riesgo</b>		
<b>Nivel de Riesgo</b>	<b>Descripción</b>	
<b>1</b>	No representa riesgo	Condición estable
<b>2</b>	Aceptable	No intervenir, salvo que necesite un análisis más preciso y lo justifique
<b>3</b>	Mejorable	Mejorar control existente
<b>4</b>	Aceptable con control específico	Corregir o adoptar medidas de control
<b>5</b>	No aceptable	Situación crítica urgente
<b>Nota:</b> Cada empresa debe definir sus niveles de aceptabilidad de acuerdo con la naturaleza de sus riesgos		

**Anexo 2. Entrevista****Área de termoformado del galón plástico  
PLASTICARVA S.A.**

1. ¿Cuál es su nombre?

---

2. ¿Cuál es el puesto que desempeña en esta empresa?

---

3. ¿Cuánto tiempo lleva ocupando este puesto?

---

4. ¿Cuáles son los principales desperfectos que ocurren en la máquina inyectora del galón plástico?

Mencione 4

---

---

5. ¿De acuerdo con el ajuste de temperaturas, ¿cuáles son los problemas que se presentan con mayor frecuencia?

Mencione 3

---

---

6. ¿Conoce usted el debido funcionamiento de la máquina?  
Sí [ ]  
No [ ]
7. ¿Lleva acabo las inspecciones de calidad del galón plástico en la línea de elaboración de este?  
Sí [ ]  
No [ ]
8. ¿Realiza usted el ajuste de la máquina al encenderla y durante el proceso de fabricación?  
Sí [ ]  
No [ ]
9. ¿Conoce qué es un sistema o control de calidad?  
Sí [ ]  
No [ ]
10. Si la máquina presenta un desperfecto, durante ese tiempo libre, ¿qué tareas realiza?  
Comente  

---

---
11. ¿Los primeros días de ingreso, la empresa recibió algún tipo de inducción que le permitiera conocer el proceso de fabricación del galón plástico?  
Sí [ ]  
No [ ]  
Comente el tiempo que duró el tiempo de inducción.

---

---

12. ¿Adquirió los conocimientos necesarios durante el tiempo de inducción para utilizar la máquina de fabricación del galón plástico correctamente?

Sí [ ]

No [ ]

Comente brevemente sobre la inducción que recibió:

---

---

---

---

**Anexo 3. Manual de procedimientos**

# **Plasticarva S.A.**

## **MANUAL DE PROCEDIMIENTOS**

### **INYECTORA 747**

Vigencia: 2019

Revisión A

## Encendido

A continuación, se dará a conocer el proceso para el funcionamiento y configuración de la máquina inyectora 747.

### Paso 1

- Se debe de asegurar que el botón de emergencia se encuentre desactivado para entrar al panel de configuraciones,
- La llave de seguridad del panel debe de estar en la ranura, como se muestra en la fotografía.

### Panel de control



Botón de emergencia

Llave de seguridad del  
panel de control

**Paso 2**

- Verificar el molde correspondiente a fabricación del galón



Molde tipo jarra

**Paso 3**

- Verificar que no se encuentren desperdicios antiguos en los contenedores azules,
- Rellenar cuidadosamente los contenedores azules de polímero de PVC para el llenado de la tolva,
- Insertar la manera en los contenedores llenos de polímero PVC.

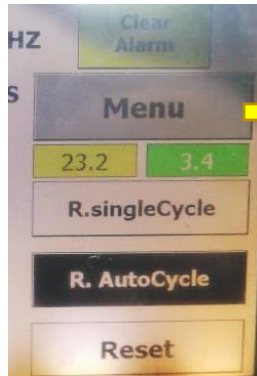


Polímero PVC

Contenedor vacío

#### Paso 4

- Seleccionar el panel digital “Menú” para acceso a la pestaña de configuración de temperatura



Presionar por 5 segundos

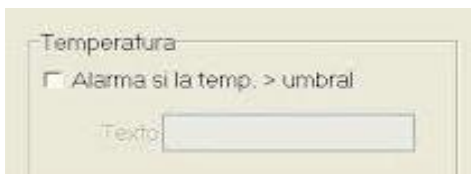
#### Paso 5

- Configurar la temperatura según la tabla de límites

Control de temperaturas PVC	
Límite inferior	170°C
<b>Límite central</b>	<b>185°C</b>
Límite superior	200°C

Temperatura ideal

#### Pestaña de temperaturas



Establecer temperatura



Atraves de la perilla de ajuste de temperatura

- Aumenta al girarlo a la derecha
- Disminuye al girarlo a la izquierda

Modulador de temperatura

### Paso 6

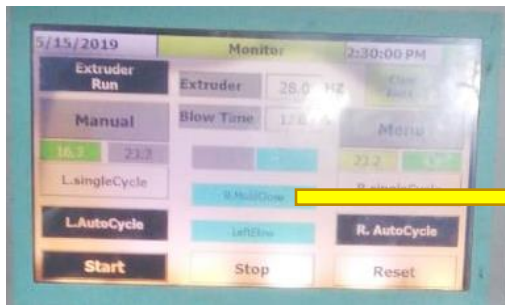
- Esperar 30 min para el calentamiento del tornillo inyector



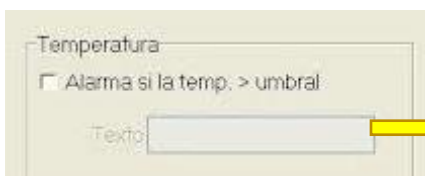
Tornillo o cabezal inyector

### Paso 7

- Establecer temperatura de corte



Presionar por 5 segundos



Temperatura de corte recomendada 120 °C

### Paso 8

- Establecer configuración de presión de inyección



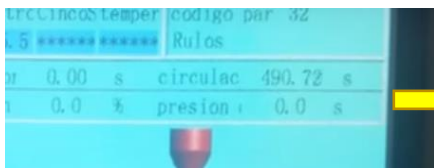
Presionar por 5 segundos

### Paso 9

- Configurar la presión de inyección según la tabla de límites

Control de presión PVC	
Límite inferior	32 PSI
<b>Límite central</b>	<b>35 PSI</b>
Límite superior	38 PSI

→ Presión ideal



Indicador de presión



Atreves de la perilla de ajuste de presión

- Aumenta al girarlo a la derecha
- Disminuye al girarlo a la izquierda

Modulador de presión

### Paso 10

- Succión de polímero PVC



- La succión de PVC siempre deberá de ser de 15 PSI
- Si no se encuentra en 15 PSI se debe llamar al técnico

Anexo 4. Manual de uso

**PLASTICARVA S.A.**

**MANUAL DE USO PARA  
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN**

**PCE-CT-25**






Vigencia: 2019




Revisión A




## Uso de equipo de medición PCE-CT-25

### Calibración del equipo

Para calibrar el equipo de medición se explican a continuación paso a paso.

Procedimiento	Instrucción	Fotografía
1) Tablas de calibración	<p>Seleccione un punto de calibración en tabla de patrón estándar de calibración y acerca el dispositivo de medición a la tabla durante 15 segundos como se muestra en la segunda imagen, seguidamente deberá aparecer en pantalla I-PT, como lo muestra la imagen 3.</p>	  
2) Espesor	<p>Se presiona durante 2 segundos en el botón al extremo derecho "MAX MIN" y establece el espesor requerido de <b>1.230 mm</b> como se muestra en la segunda imagen.</p>	 

Procedimiento	Instrucción	Fotografía
3) Calibración terminada	Cuando el dispositivo esté listo para su uso luego de ajustar el espesor especificado deberá presionar “Max Min” una vez y deberá salir en pantalla “dFut” y está lista para su uso.	
4) Unidades de medida	Deberá establecer las unidades en milímetros (mm) en el botón extremo derecho que se mostrará en la pantalla en la esquina inferior derecha.	
5) Reiniciar	Si después de su uso queda guardado el diámetro anterior deberá presionar una vez cero para reiniciar el marcador de espesores en la pantalla digital.	

Instrucción	Procedimiento	Fotografía
6) Luz de pantalla	Encender luz de pantalla se presiona una vez el botón en el extremo derecho y una segunda vez para apagarla.	
7) Uso	Para medir el espesor del galón aprete el gatillo que se ubica por debajo de la pantalla mientras apunta el láser al galón de arriba hacia abajo y aparecerá la lectura con la medida en la pantalla led.	
8) Borrar lectura de pantalla.	Para borrar la medida anterior de la pantalla hay que presionar una vez el botón Zero al extremo derecho de la herramienta.	

Anexo 5. Manual de procedimiento

# **PLASTICARVA S.A.**



## **MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA INSPECCIÓN DE CALIDAD**



Vigencia: 2019

Revisión A

## Manual de inspección de calidad

El siguiente manual para la inspección de calidad determina los principales defectos en el galón de PVC, en la línea de termoformado.

Defecto	Descripción	Fotografía
<b>Rallas/ Marcas</b>	Rayas o marcas presentes por la parte superior e inferior del galón de PVC, con relieves que se sobresalen del galón de PVC por altas temperaturas.	<p style="text-align: center;"><b>No pasa</b></p> 
<b>Desmembración (Adelgace)</b>	Se presenta en diferentes secciones del galón donde este se adelgaza por la alta temperatura (165°C a más), en la manga, además el plástico se puede notar traslucido contra la luz.	<p style="text-align: center;"><b>No pasa</b></p> 

Defecto	Descripción	Fotografía
<b>Deformación</b>	La deformación se presenta cuando se fabrica el galón de PVC a baja temperatura en la manga que oscila entre 165°C o menos.	<p data-bbox="1182 289 1312 323"><b>No pasa</b></p> 
<b>Rebasas o sobrantes</b>	Son sobrantes de plásticos que quedan alrededor del plástico o dentro de la agarradera que debe ser removido segundos después de ser fabricados de lo contrario endurecerá y se dificultará removerlo.	<p data-bbox="1182 783 1312 816"><b>No pasa</b></p> 

### Espesor requerido en el galón de PVC

Espesor requerido en galón PVC	
<b>Límite inferior</b>	1.350 mm
<b>Límite central</b>	1.230 mm
<b>Límite superior</b>	1.450 mm

- Si el galón de PVC no cumple con estas especificaciones de espesor se deberá rechazar.

Anexo 7. Documento de verificación

# **PLASTICARVA S.A.**

## **DOCUMENTO DE VERIFICACIÓN**

Vigencia: 2019

Revisión A

## Documento de verificación

Hoja de verificación de producción de la línea de termoformado							
Work orden:				Cantidad requerida:			
Número de parte:				Fecha de inicio:			
Revisión:				Fecha de cierre:			
Muestra	Espesor	Hora	Firma y Fecha	Muestra	Espesor	Hora	Firma y Fecha
1				35			
2				36			
3				37			
4				38			
5				39			
6				40			
7				41			
8				42			
9				43			
10				44			
11				45			
12				46			
13				47			
14				48			
15				49			
16				50			
17				51			
18				52			
19				53			
20				54			
DETALLES DE PRODUCCIÓN							
TABLA DE DEFECTOS				SCRAP			
Defectos		Cantidad		Operador		Cantidad	
Deformado							
Desmembrado							
Rebabas							
Marcas							
<b>COMENTARIOS:</b>							
<b>NOTA: LA MEDIDA SE DEBE DE ANOTAR CADA 30 MIN</b>							

## Anexo 8. Herramienta de medición de espesores




### Características

1. Medición en acero/ hierro y materiales no férricos.
2. Sonda láser integrada en el medidor de espesores.
3. Diseño ergonómico de forma de pistola.
4. Peso ligero.
5. Iluminación de fondo
6. Capacidad de 0.1 mm a 50 mm.
7. Función de calibración.
8. Desconexión automática para proteger vida de batería.
9. Batería recargable.
10. Maletín incluido.

## Cotización

El precio consultado en CAPRIS para la herramienta de medición de espesores es el siguiente:



Artículo	Precio	Cambiar los datos de contacto
 <p><b>Medidor de espesor de capas PCE-CT 25</b> PCE-CT 25 El medidor de espesor PCE-CT 25 sirve para la rápida detección del espesor de todo tipo de recubrimientos (lacados, pinturas, plásticos, ...) en acero y hierro (F), así como en metales no férricos (N) en el sector de la automoción. El medidor de espesor lo puede comprar aquí, en nuestra tienda online. - Rango de medición: 0 ... 1000 µm - Resolución: 0.1 milésimas o 1 µm - Sensor interno - Grosor de capa</p>	92,90 €	2 Unidades (1 uds. por lote)
<b>Subtotal neto</b>		185,80 €
<b>Gastos de envío neto</b>		8,00 €
<b>Total neto</b>		<u>193,80 €</u>
<b>Importe total</b>		<b>ACTUALIZAR</b>
Total neto		193,80 €
IVA 21,00%		40,70 €
<b>Importe total</b>		<b>234,50 €</b>

El valor cotizado este dado en Euros, por lo que su conversión según el cambio actual de ₡665,35 de la fecha 26 de mayo del 2019 es de: ₡156,023.56.

## Anexo 9

El precio consultado en Consultores del Talento para la capacitación de los manuales es el siguiente:



El valor cotizado este dado en dólares, por lo que su conversión según el cambio actual de ₡589.99 colón de la fecha 29 de mayo del 2019 es de: ₡ 1.415.976, cabe mencionar que el valor por tres meses de capacitación.

# UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

## CENTRO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICO (CENIT) CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACIÓN

Heredia, 27 de agosto, 2019


Señores:  
Universidad  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) **Manuel Esquivel Segura**, con número de identificación **4-0226-0435** autor (a) del trabajo de graduación titulado, **PROPUESTA DE MEJORA PARA LA REDUCCIÓN DEL PORCENTAJE DE DESPERDICIOS DE PRODUCTO TERMINADO EN ÁREAS PRODUCTIVAS DE PLASTICARVA S.A., HEREDIA, COSTA RICA PARA EL PRIMER SEMESTRE DEL 2019**, presentado y aprobado en el año **2019**, como requisito para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Industrial; Sí autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,

 4-0226-0435  
Firma y Documento de Identidad