



# POSGRADOS

## MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

RPC-50-41-No.689-2018

OPCIÓN DE  
TITULACIÓN:

PROPUESTAS METODOLÓGICAS Y TECNOLÓGICAS  
AVANZADAS

TEMA:

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MEJORA  
CONTINUA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN  
DE FUNDAS GENÉRICAS, APLICANDO LA  
METODOLOGÍA DMAIC.

AUTOR:

DIANA SOFÍA CORTEZ YÁNEZ

DIRECTOR:

WILLIAM GIOVANNY QUITIAQUEZ SARZOSA

QUITO - ECUADOR  
2021

***Autora:***



***Diana Sofía Cortez Yáñez***

Ingeniera Química

Candidata a Magister en Producción y Operaciones Industriales por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Quito.

dcortezy@est.ups.edu.ec

***Dirigido por:***



***William Giovanni Quitiaquez Sarzosa***

Magister en Gestión de Energías

Magister en Ingeniería

Candidato a Doctor en Ingeniería

Docente – Grupo de Investigación GIERIMP

wquitiaquez@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

**DERECHOS RESERVADOS**

©2021 Universidad Politécnica Salesiana.

**QUITO – ECUADOR – SUDAMÉRICA**

**CORTEZ YÁNEZ DIANA SOFÍA**

***PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MEJORA CONTINUA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE FUNDAS GENÉRICAS, APLICANDO LA METODOLOGÍA DMAIC.***

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación analizó la “Propuesta de un sistema de mejora continua en el proceso de producción de fundas genéricas, aplicando la metodología DMAIC”, se determinó que la propuesta no incrementa la productividad de fundas genéricas. El estudio se enfocó principalmente, en el proceso de producción de fundas genéricas, primero se planteó la hipótesis, luego se consideró una investigación mediante el diseño (experimental), modalidad (documental y de campo), tipo (enfoque mixto y bibliográfica - documental), métodos (científico, deductivo e inductivo), técnicas e instrumentos (entrevista informativa, medios audiovisuales y técnica de inspección referente a la calidad, el detalle de la variable dependiente e independiente, población y muestra. La validación de hipótesis se llevó a cabo utilizando ANOVA de un solo factor con la interacción de eficiencia (% desperdicio), eficacia (% cumplimiento) y productividad, definiéndose eficiencia como la relación de materia prima utilizada - programada, eficacia como la relación de las unidades producidas – planificadas y productividad en función de eficiencia - eficacia. La metodología DMAIC fue la indicada para describir la situación actual de la empresa aplicando las cinco fases: definición, medición, análisis, mejora y control. La propuesta principalmente se enfocó en la etapa de mejora de DMAIC, es decir, en las posibles causas de la pérdida de materia prima, al momento de arrancar con el proceso de producción de fundas genéricas, donde el principal problema se presenta en el proceso de calibración de doblez y temperatura de la máquina selladora. Una de varias alternativas está enfocada en función de la máquina y la materia prima, es decir, que primero se realice una parametrización de la máquina selladora en los procesos indicados, juntamente con una capacitación externa al personal de mantenimiento y la segunda una implementación de un MRP (Planificación de los Materiales) para la materia prima, de acuerdo con las necesidades de la empresa.

**Palabras claves:** eficiencia, eficacia, DMAIC, productividad, parametrización, MRP.

## ABSTRACT

This research work analyzed the "Proposal for a system of continuous improvement in the production process of generic cases, applying the DMAIC methodology", it was determined that the proposal does not increase the productivity of generic sleeves. The study focused mainly on the production process of generic covers, first the hypothesis was raised, then an investigation was considered through design (experimental), modality (documentary and field), type (mixed and bibliographic - documentary approach), methods (scientific, deductive and inductive), techniques and instruments (informative interview, audiovisual media and inspection technique regarding quality, the detail of the dependent and independent variable, population and sample.

Hypothesis validation was carried out using a single factor ANOVA with the interaction of efficiency (% waste), effectiveness (% compliance) and productivity, defining efficiency as the ratio of raw material used - programmed, efficiency as the ratio of the units produced - planned and productivity as a function of efficiency - effectiveness. The DMAIC methodology was indicated to describe the current situation of the company applying the five phases: definition, measurement, analysis, improvement and control. The proposal mainly focused on the DMAIC improvement stage, that is, on the possible causes of the loss of raw material, at the moment of starting with the production process of generic sleeves, where the main problem occurs in the process of bend and temperature calibration of the sealing machine. One of several alternatives is focused on the function of the machine and the raw material, that is, first a parameterization of the sealing machine is carried out in the indicated processes, together with external training for maintenance personnel and the second an implementation of a MRP (Material Requirements Planning) for raw material, according to the needs of the company.

**Keywords:** efficiency, effectiveness, DMAIC, productivity, parameterization, MRP.

## **AGRADECIMIENTO**

Primero, antes que nada, quiero agradecer a DIOS por bendecir mi vida y la de mi familia, por haberme ayudado a culminar mi posgrado y ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

Segundo, quiero agradecer a mi familia, en especial, a mi madre, a mi padre y a mi hijo por ser los principales motivadores para seguir cumpliendo con mis sueños, por confiar y creer en mí, por su paciencia, amor y apoyo incondicional.

Tercero, quiero agradecerme a mí misma, por haber tomado la decisión de estudiar, por no desistir, por haberme tenido mucha paciencia, comprensión y amor en todo este proceso de estudio.

Cuarto, quiero agradecer al Máster William Quitiaquez tutor de mi proyecto de investigación quien con su dirección, paciencia, enseñanza y amistad ha sabido guiarme durante este trabajo.

Quinto, quiero agradecer al Máster Juan Sebastián Bravo, por su paciencia, ayuda, información y colaboración con los datos de la empresa para su análisis.

Y finalmente, a la Universidad Politécnica Salesiana, directivos y docentes por la organización del programa de Maestría en Producción y Operaciones Industriales.

*Ing. Sofía Cortez*

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación está dedicado a DIOS, quien como guía estuvo muy presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas sin desfallecer.

A mis padres porque siempre están conmigo en las buenas y en las malas, porque con su amor, apoyo incondicional y confianza me ayudaron y me animaron en este proceso de formación profesional. Los amo mucho.

Y a mi hermoso y bendecido hijo Adriancito Saúl porque te amo hasta el infinito y más allá.

*Ing. Sofía Cortez*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	I
ABSTRACT .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE ANEXOS .....	X
NOMENCLATURA.....	XI
INTRODUCCIÓN .....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
OBJETO DE ESTUDIO .....	4
JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
OBJETIVOS.....	5
OBJETIVO GENERAL.....	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
Hipótesis de la investigación.....	6
Alcance de la investigación.....	6
Descripción de la estructura de los capítulos del proyecto de investigación .....	7
CAPÍTULO 1.....	8
MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO SOBRE EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE FUNDAS GENÉRICAS.....	8
1. Introducción .....	8
1.1 Marco teórico de la investigación .....	8
1.2 Fundamentación de la investigación .....	10
1.3 Fundamentación legal .....	11
<b>1.4 Aspectos teóricos fundamentales.....</b>	<b>12</b>
1.4.1 Lean Manufacturing .....	12
1.4.2 Metodología DMAIC .....	12
1.4.3 Metodología PHVA .....	14
1.4.4 Metodología cuadro de mando integral.....	15
1.4.5. Proceso de elaboración de fundas genéricas .....	17
1.4.6 Materia prima .....	19

1.4.7 Tereftalato de polietileno .....	19
1.4.8 Calidad .....	19
1.4.9 Productividad .....	20
1.4.10 Herramientas de calidad .....	20
1.4.11 Levantamiento de la información.....	21
1.4.12 Diagrama de Pareto .....	21
1.4.13 Estudio de reproducibilidad y repetibilidad .....	21
1.4.14 Control Estadístico del Proceso (CEP) .....	22
1.4.15 Prueba de Tukey.....	22
1.4.16 Capacidad de un proceso.....	22
1.4.17 Índices de capacidad de un proceso .....	22
1.4.18 Índices $C_p$ y $C_{pk}$ .....	23
1.4.19 Software .....	23
➤ MATLAB .....	23
➤ SPSS.....	23
➤ MINITAB.....	24
<b>1.5 Conclusiones del capítulo.....</b>	<b>24</b>
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>25</b>
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>25</b>
<b>2.1. Introducción.....</b>	<b>25</b>
<b>2.2. Diseño de la investigación.....</b>	<b>25</b>
<b>2.3. Modalidad de la investigación.....</b>	<b>25</b>
<b>2.4. Tipo de investigación.....</b>	<b>26</b>
2.4.1 Investigación con enfoque mixto .....	26
2.4.2 Investigación bibliográfica - documental.....	27
<b>2.5. Métodos de investigación.....</b>	<b>27</b>
2.5.1 Método científico .....	27
2.5.2 Método deductivo.....	28
2.5.3 Método inductivo .....	28
<b>2.6. Técnicas e instrumentos.....</b>	<b>28</b>
2.6.1 Entrevista informativa.....	28
2.6.2 Medios audiovisuales .....	29
2.6.3 Técnica de inspección referente a la calidad.....	29
<b>2.7. Operacionalización de las variables.....</b>	<b>29</b>
<b>2.8. Población y muestra.....</b>	<b>32</b>



<b>2.9. Resultados de la técnica aplicada.....</b>	<b>32</b>
<b>2.10. Conclusiones del capítulo.....</b>	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>34</b>
<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>34</b>
<b>3.1. Introducción.....</b>	<b>34</b>
<b>3.2. Descripción de la situación actual.....</b>	<b>34</b>
Primera Etapa: Definir .....	34
Segunda Etapa: Medir .....	35
Tercera Etapa: Analizar.....	40
Cuarta Etapa: Mejorar .....	42
Quinta Etapa: Controlar .....	44
<b>3.3. Conclusiones del capítulo.....</b>	<b>44</b>
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>46</b>
<b>PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MEJORA CONTÍNUA, APLICANDO METODOLOGÍA DMAIC. ....</b>	<b>46</b>
<b>4.1. Introducción.....</b>	<b>46</b>
<b>4.2. Título de la propuesta.....</b>	<b>46</b>
<b>4.3. Justificación.....</b>	<b>46</b>
<b>4.4. Objetivos.....</b>	<b>47</b>
<b>4.5. Estructura de la propuesta.....</b>	<b>47</b>
<b>4.6. Desarrollo de la propuesta.....</b>	<b>48</b>
<b>4.7. Análisis económico.....</b>	<b>56</b>
<b>4.8. Comprobación de la hipótesis.....</b>	<b>58</b>
<b>4.9. Conclusiones del capítulo.....</b>	<b>64</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>66</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>68</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>69</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama de Ishikawa .....	10
<b>Figura 2.</b> Ciclo de Mejora DMAIC.....	13
<b>Figura 3.</b> Ciclo de Deming de mejora continua. ....	14
<b>Figura 4.</b> Etapas del ciclo de Deming. ....	15
<b>Figura 5.</b> Tablero de comando conceptual. ....	16
<b>Figura 6.</b> Diagrama de flujo de producción de fundas genéricas.....	18
<b>Figura 7.</b> Fórmula química del PET.....	19
<b>Figura 8.</b> Objetivo DMAIC del proceso de producción de fundas genéricas. ....	32
<b>Figura 9.</b> Informe de capacidad del proceso de eficiencia.....	38
<b>Figura 10.</b> Informe de capacidad del proceso de eficacia.....	39
<b>Figura 11.</b> Informe de capacidad del proceso de productividad. ....	40
<b>Figura 12.</b> Gráfica de probabilidad de Normalidad de Eficiencia .....	60
<b>Figura 13.</b> Gráfica de probabilidad de Normalidad de Eficacia .....	60
<b>Figura 14.</b> Gráfica de probabilidad de Normalidad de Productividad .....	61
<b>Figura 15.</b> Gráficas de residuos para eficiencia, eficacia y productividad .....	62
<b>Figura 16.</b> Gráfica de intervalos de eficiencia, eficacia y productividad.....	63
<b>Figura 17.</b> Diferencia de las medias para eficiencia, eficacia y productividad.....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Causa – Efecto del rubro de materiales y efecto principal.....	10
<b>Tabla 2.</b> Etapas del Ciclo DMAIC. ....	13
<b>Tabla 3.</b> Indicadores del Cuadro de Mando Integral.....	16
<b>Tabla 4.</b> Datos técnicos del PET .....	19
<b>Tabla 5.</b> Operacionalización de variables .....	31
<b>Tabla 6.</b> Denominación de las fundas en la empresa de producción. ....	35
<b>Tabla 7.</b> Cálculo de la eficiencia .....	35
<b>Tabla 8.</b> Cálculo de la eficacia .....	36
<b>Tabla 9.</b> Cálculo de la productividad (eficacia y eficiencia).....	37
<b>Tabla 10.</b> Momentos y priorización de causas de pérdida de la materia prima. ....	41
<b>Tabla 11.</b> Posibles soluciones realizadas para el mejoramiento del proceso de producción de fundas genéricas. ....	42
<b>Tabla 12.</b> Alternativas de solución para la causa de pérdida de materia prima al momento de arrancar con el proceso de producción de fundas genéricas. ....	48
<b>Tabla 13.</b> Programa diario de operación de mantenimiento para la máquina selladora de fundas genéricas. ....	49
<b>Tabla 14.</b> Cronograma de mantenimiento preventivo para la máquina selladora de fundas genéricas.....	50
<b>Tabla 15.</b> Costo anual de mantenimiento de la máquina selladora de fundas genéricas y sus componentes. ....	50
<b>Tabla 16.</b> Proyección del mantenimiento de la máquina selladora de fundas genéricas y sus componentes. ....	51
<b>Tabla 17.</b> Costos de capacitación del personal con una entidad externa.....	52
<b>Tabla 18.</b> Costos de capacitación del personal con el jefe de mantenimiento. ....	53
<b>Tabla 19.</b> Costos de servicio de parametrización de la máquina selladora de fundas con una entidad externa.....	54
<b>Tabla 20.</b> Costos de capacitación del personal de mantenimiento en una entidad externa.....	55
<b>Tabla 21.</b> Análisis de Varianza .....	59
<b>Tabla 22.</b> Resumen del modelo .....	59
<b>Tabla 23.</b> Tabla de medias de cada factor a un IC de 95 % .....	63

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO I</b> Tabla de letras de código para el tamaño de la muestra (MILITARY STANDAR) .....	74
<b>ANEXO II</b> Reglas para la evaluación de indicadores de eficacia, eficiencia y productividad.....	75
<b>ANEXO III</b> Tabla de $C_p$ del proceso.....	76
<b>ANEXO IV</b> Cronograma de mantenimiento preventivo para la máquina selladora de fundas genéricas. ....	77

## NOMENCLATURA

<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>
<i>kg</i>	<i>Unidad de masa</i>	<i>kg</i>
$R^2$	<i>Coefficiente de determinación</i>	<i>%</i>
$C_p$	<i>Indicador de la capacidad potencial del proceso</i>	-
$C_{pk}$	<i>Indicador de la capacidad potencial real del proceso</i>	-
<i>LSE</i>	<i>Límite superior de especificación</i>	-
<i>LSI</i>	<i>Límite inferior de especificación</i>	-
<i>VN</i>	<i>Valor Nominal</i>	-
<b><i>Letras griegas</i></b>		
$\mu$	<i>Media del proceso</i>	-
$\sigma$	<i>Varianza de las variables de calidad del proceso</i>	-
<b><i>Subíndices</i></b>		
<i>p</i>	<i>Potencial del proceso</i>	-
<i>pk</i>	<i>Potencial real del proceso</i>	-

## INTRODUCCIÓN

La propuesta de un ciclo de mejora, aplicando la metodología Definir, Medir, Analizar, Implantar y Controlar (DMAIC), en el proceso de producción para una empresa, surge como la necesidad de mejorar el proceso y la calidad productiva, a su vez entregar productos de calidad y disminuir los costos de producción. Mast y Lokkerbol [1], mencionan que la metodología DMAIC, es similar en función a sus predecesores en la resolución de problemas de fabricación, como Planificar- Hacer-Verificar-Actuar y el método de Siete Pasos de Juran y Gryna. Six Sigma y su método DMAIC surgieron y se desarrollaron en conocimientos del campo de la ingeniería de calidad, incorporando ideas de control estadístico, calidad total y control de calidad fuera de línea de Taguchi. La adopción de esta metodología en la práctica implica un análisis científico preciso. Los antecedentes de algunos artículos servirán como guía principal para el desarrollo de la presente propuesta.

La empresa está consiente que, a pesar de tener una alta demanda de su producto a nivel local, tener un personal operativo y administrativo capacitado no les permite garantizar a sus clientes un producto totalmente de calidad, es por esta razón; que, la propuesta de mejora continua, aplicada a su proceso productivo, permitirá a la empresa ingresar al campo de la competitividad, mejorar su proceso y como tal entregar productos de calidad.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el actual mercado globalizado, los consumidores a menudo establecen sus propios estándares, es decir, los precios los establecen los clientes, declaran Henao et. al [2]. Para hacer frente a esta situación y aumentar la competitividad, las industrias necesitan implementar varias estrategias. Es aquí donde intervienen los ciclos de mejora que, surgen como una estrategia sistemática bien estructurada que, garantizan fundamentar las decisiones basada en datos.

Hay varios enfoques disponibles para mejorar la calidad de la fabricación, sin embargo, estos enfoques no son todos adecuados para los diferentes tipos de organización e industria, pero tienden a depender de los recursos que tienen y el efecto sobre el costo y la calidad, explican Nassereddine y Wehbe [3]. En la última década, el concepto Lean se ha hecho conocido en la gestión de operaciones de las industrias.

Mbogo [4], manifiesta que, la sostenibilidad de cualquier empresa debe centrarse en salvaguardar los recursos, eliminando los desechos. La sostenibilidad de fabricación incluye la gestión de procesos con insumos sostenibles, como reducir el desperdicio, el retrabajo, el inventario y el tiempo de configuración. Las actividades sin valor en Lean implican insumos, procesos y productos no calificados, que utilizan recursos adicionales en las operaciones. Por lo tanto, el uso del enfoque Lean hará que las empresas se vuelvan económicamente responsables.

Cualquier empresa en crecimiento, puede mejorar sus operaciones tanto de fabricación como de comercialización de producto y como tal, ingresar en competencia con otras empresas dedicadas al mismo rubro. Sin embargo, el principal problema de una empresa en crecimiento es, una baja calidad en el proceso de producción de los productos. Esto se debe a que no poseen un sistema de gestión de mejora continua o un ciclo de mejora y como tal existe un mal manejo de los procesos.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo la falta de un sistema de mejora continua influye en el proceso de producción de fundas genéricas en una empresa?

### **SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo incide el sistema de mejora continua, en la situación actual del proceso de producción de fundas genéricas, considerando la metodología DMAIC?

¿Cómo incide un análisis estadístico, en el sistema de mejora continua en el proceso de producción de fundas genéricas?

¿Cómo incide el costo / beneficio antes y después del sistema de mejora en la empresa?



## **OBJETO DE ESTUDIO**

El objeto de estudio de la presente investigación es el proceso de elaboración de fundas genéricas, en una determinada empresa en los meses correspondientes a julio y octubre del año 2020 considerando una línea de proceso de producción y consecuentemente su respectiva mejora continua.

## **JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La propuesta de un sistema de mejora continua en el proceso de producción de fundas, aplicando la metodología DMAIC, para una empresa dedicada a la elaboración de fundas genéricas, surge como la necesidad de mejorar los procesos productivos, entregar productos de calidad y disminuir los costos de producción, entre otros aspectos. Por ello, se decidió aplicar un sistema de mejora continua. Garza et. al [5], definen al ciclo DMAIC, como un proceso iterativo que sigue un formato estructurado y disciplinado, la realización de experimentos y su consecuente evaluación. La empresa está consiente que, a pesar de tener una alta demanda de productos en el sector emprendedor, tener un personal operativo y administrativo capacitado no les permite garantizar a sus clientes productos totalmente de calidad, es por esta razón; que, si la propuesta de un sistema de mejora continua, aplicando la metodología DMAIC es conveniente, permitirá a la empresa ingresar al campo de la competitividad, mejorar sus procesos y como tal entregar productos de calidad.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Desarrollar una propuesta de un sistema de mejora continua en el proceso de producción de fundas genéricas, aplicando la metodología DMAIC.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un diagnóstico de la situación actual, del proceso de producción de fundas genéricas dentro de una planta de producción.
- Elaborar un análisis costo/beneficio, de la propuesta del sistema de mejora continua mediante la aplicación de herramientas de producción.
- Mediante el uso de software libre, examinar y analizar los indicadores en el proceso productivo de fundas genéricas, con el fin de conocer cómo se encuentra la capacidad del proceso.

## **Hipótesis de la investigación**

La propuesta de un sistema de mejora continua, en el proceso de producción de fundas en una empresa dedicada a la elaboración de fundas genéricas, aplicando la metodología DMAIC, va a permitir mejorar la calidad, la productividad y la capacidad de la empresa; posteriormente habrá reducción de costes y de tiempo, cabe recalcar que cada mejora y reducción, se encuentra enfocada en las necesidades del cliente y de la empresa.

### **Variables Independiente**

- ✓ Sistema de mejora continua, utilizando la metodología DMAIC.

### **Variable Dependiente**

- ✓ Producción de fundas genéricas.

## **Alcance de la investigación**

La presente investigación plantea el estudio y propuesta de un sistema de mejora continua, en la línea de producción de fundas genéricas del turno matutino. Este estudio se realizará en el periodo septiembre 2020 a marzo 2021.

## **Descripción de la estructura de los capítulos del proyecto de investigación**

El Capítulo 1, inicia con el marco contextual y teórico sobre el proceso de producción de fundas, en una empresa que se dedica a la elaboración de fundas genéricas. Dentro del marco teórico de la investigación se destacan los antecedentes, fundamentación de la investigación y justificación legal. En los aspectos teóricos principales, se recalcan conceptos relacionados como Lean Manufacturing (LM), Metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar) y Cuadro de Mando Integral (BSC, sus siglas en inglés) de manera general, se mencionan conceptos básicos de calidad y productividad, se describen las herramientas de calidad, el levantamiento de la información, diagrama de Pareto, estudio de repetibilidad y reproducibilidad, indicadores y objetivos relacionados con la parte logística, los diferentes softwares para el análisis de este proyecto y finalmente la descripción del proceso de producción de fundas genéricas.

# **CAPÍTULO 1**

## **MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO SOBRE EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE FUNDAS GENÉRICAS**

### **1. Introducción**

A continuación, se presentan las generalidades del presente proyecto de estudio, esto es, la introducción de los conceptos generales sobre los que se fundamenta este trabajo, los métodos que serán utilizados, las herramientas de calidad que se emplearán, serán los que brinden, un panorama general del proyecto de estudio.

#### **1.1 Marco teórico de la investigación**

##### **1.1.1 Antecedentes de la investigación**

En la actualidad, la industria del plástico a nivel mundial se encuentra en desarrollo, con una planificación al 2020 de hasta 868 billones de dólares en su consumo. Solo en el mercado de Latinoamérica, el consumo fluctúa en los 50 billones de dólares, indican Buitrón-López et. al. [6].

Boon et. al [7], mencionan que, la mejora de procesos en organizaciones que utilizan la técnica DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), comprende un efecto positivo en la productividad de la empresa. Por consiguiente, se alienta a las organizaciones a elegir proyectos basados en la metodología DMAIC, ya que se ajustan a las planificaciones y a los procesos centrales, consienten el aumento de los ingresos, reducción en el costo y tiempo de cantidad de trabajo.

Buitrón-López et. al. [6], declaran que, la implementación de una propuesta en una empresa de plásticos haciendo uso de filosofía Kaizen, las metodologías 5S (Organizar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar y Mantener) y MTP (Mantenimiento Productivo Total), se interpretan en mejoras relevantes para el aumento en la eficacia del rendimiento, por ejemplo, el caso de estudio “Uso de Six Sigma – DMAIC para mejorar la calidad del proceso de producción”, la empresa registra hasta finales del año 2017 una eficiencia de productividad de 60 % y al término de la implementación en diciembre 2018 registra el 67 % de mejora en su productividad. De igual forma se registra una disminución en los reclamos del cliente del 90 % en el pago de notas de crédito del 95 % comparando de modo global en relación de 3 periodos. La aplicación

de las herramientas Lean con respecto a la ineficiencia en el proceso productivo, ha sido la clave para la solución del problema.

Smętkowska y Mrugalska [8], exponen que la aplicación de la metodología DMAIC en una empresa, se refleja también en los clientes pues existe una mayor satisfacción, por lo que se registra una disminución en los reclamos del cliente del 90 %, en relación con los empleados, existe una mejor organización, evitando así horas extras y aumentando la posibilidad de recibir pedidos fuera de temporada.

Realyvásquez-Vargas et. al [9], señalan un caso de estudio, en relación con el ciclo PHVA y recalcan que es un método útil, para disminuir el número de defectos de diferentes procesos o productos. De los resultados obtenidos de la aplicación del ciclo PHVA y de los diagramas de Pareto, se obtiene una reducción de defectos en 65, 79 y 77 % en tres modelos analizados. Sin embargo, Titmarsh et. al [10], señalan que desde la expectativa de la metodología de DMAIC, las incertidumbres jamás consiguen solucionarse salvo que se detecten. En consecuencia, suministrar la información histórica que cubren los elementos y el proceder de los procesos, conforman el fundamento para definir los problemas e iniciar el procedimiento de mejora de la calidad. Se indica que el costo de la calidad puede reducirse entre un 10-20 %.

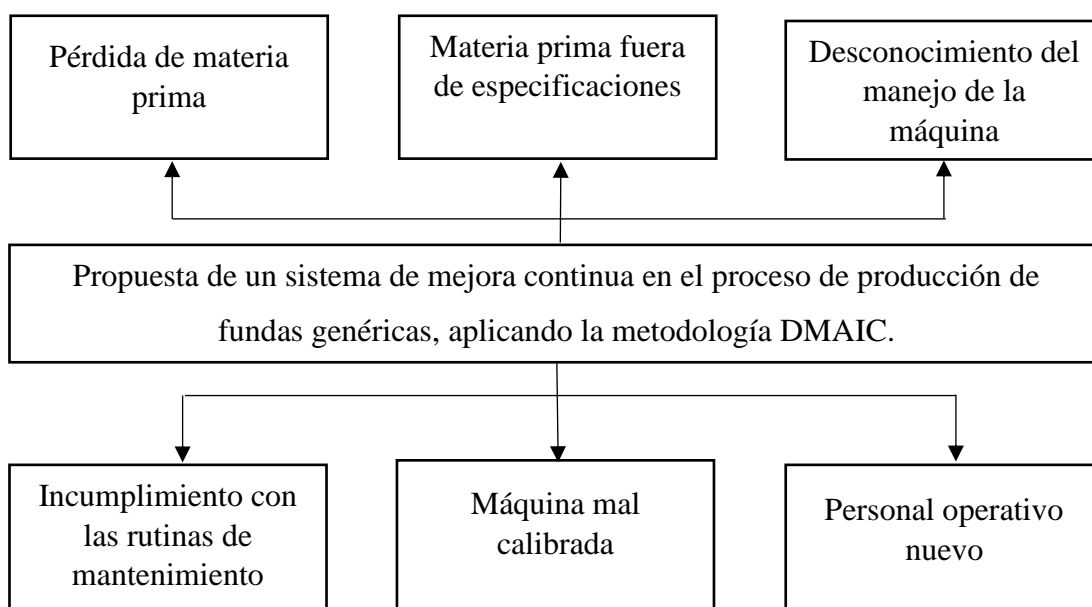
Costa et. al [11], mencionan que, la constante variabilidad del mercado requiere una constante flexibilidad y acuerdos en las ofertas que brindan las organizaciones. Para que ciertas organizaciones puedan mantenerse en la competitividad, es fundamental buscar una ventaja operativa. Esta perspectiva se consigue mediante la mejora constante de los procesos y la reducción continua de costes. Es así como, en una empresa de producción de neumáticos, una vez adoptando el ciclo DMAIC e implementando algunos procedimientos de mejora, dieron como resultado una disminución del 0.89 % en el indicador de desempeño de trabajo.

Finalmente, Moscoso y Yalan [12], indican que el caso de estudio de una empresa de plásticos comienza con un nivel sigma de 2.87 el mismo, aumentó hasta obtener un nivel de 3.08 disminuyendo de este modo 29459 defectos por millón de oportunidad. Por otro lado, la metodología DMAIC, analizó los distintos procesos y detectó las variables uniformes que generaban un mayor sesgo en el proceso, como por ejemplo el estado actual de la empresa, el clima laboral y la implementación de las 5S. Al

término del caso de estudio se estimó un crecimiento en los indicadores de productividad de 2.51 a 2.85 kg/USD., eficiencia de 51.11 a 77.09 % y eficacia de 27.85 a 54.06 % dando un resultado de efectividad del 41.66 %.

## 1.2 Fundamentación de la investigación

A continuación, se describe mediante un diagrama de Ishikawa, las diferentes causas que se encuentran en los rubros de mano de obra, materiales, métodos, medidas y medio ambiente y el principal problema que se presenta en una empresa dedicada a la elaboración de fundas genéricas.



**Figura 1.** Diagrama de Ishikawa

**Tabla 1.** Causa – Efecto del rubro de materiales y efecto principal

Causa	Efecto
Rutinas de mantenimiento para la máquina	Pérdida de materia prima

Con base en la Figura 1, se determina que el principal problema para la elaboración de fundas genéricas es, la “Pérdida de la materia prima al momento de arrancar con el proceso”. Este problema es conocido por el área de mantenimiento. Sin embargo, el jefe de Mantenimiento manifiesta que, la calibración es un proceso normal de arranque de la máquina y dispone de un plan de mantenimiento preventivo.

En la Tabla 1, se determina que la principal causa encontrada, es la pérdida de la materia prima al momento de arrancar con el proceso y por lo tanto se sugiere cumplir con las rutinas de mantenimiento.

### **1.3 Fundamentación legal**

El fundamento legal que se utiliza para el desarrollo de este proyecto de investigación corresponde, a la normativa nacional vigente emitida por el Ministerio de Industrias y Productividad, en relación con el acuerdo ministerial 165, registro oficial edición especial 887 del 10 de febrero del 2017.

#### **Estructura y Estatuto Orgánico Ministerio de Industrias y Productividad, Art. 5 (2017).**

**Art. 5.-** Objetivos Organizativos: Los objetivos fundamentales del Ministerio de Industrias y Productividad se encuentran alineados al Plan Nacional de Desarrollo, mismos que se detallan a continuación [13]:

- a. Aumentar la producción y calidad de la industria.
- b. Aumentar el cambio específico de compras de bienes fabril estableciendo oportunidades de inversión de recientes representantes económicos en las industrias básicas e intermedias.
- c. Aumentar las oportunidades facultativas para consolidar su competencia de administración y convenio.
- d. Fomentar la posteridad de incentivos para la inversión en los distintos grupos rentables, para la producción de bienes.
- e. Aumentar la inversión en la industria, así como la adaptación de correctas tecnologías y competencia para novedades productivas.
- f. Aumentar las oportunidades para producir diversidad, valor agregado y nueva propuesta exportable.
- g. Proyectar tácticas públicas bajo una perspectiva frecuente y general, que permita la organización del sector público y privado en el soporte de la productividad.



## **1.4 Aspectos teóricos fundamentales**

### **1.4.1 Lean Manufacturing**

Como un ejemplo de autodisciplina y constancia de un sistema de mejora continua, se puede mencionar a uno de los mayores fabricantes de automóviles en todo el mundo como es la TOYOTA. Según Nassereddine y Wehbe [3], Toyota ofrece la definición más popular de sistema de fabricación eficiente, que lo define como un conjunto integral de prácticas y técnicas que mejoran el beneficio de las organizaciones al eliminar desechos, costos y mejorar la calidad. Esta organización como muchas otras se benefician de este método porque reducen costos y eliminan desechos.

De acuerdo con Ramakrishnan et. al [14], las claves para llevar a cabo una propuesta de sistema continuo están en la capacitación de todos los miembros de la empresa, identificar las áreas o procesos en el diagnóstico de la situación actual de la compañía y finalmente para los representantes de cada área un entrenamiento de Taller Lean.

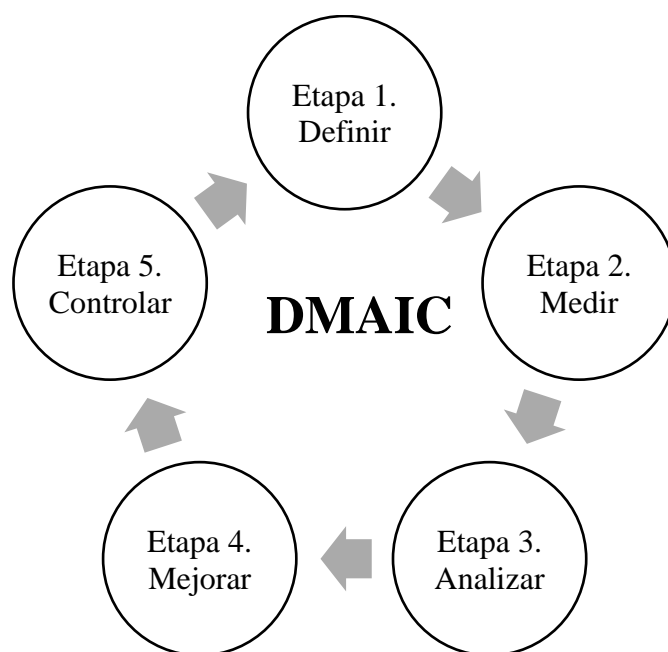
Actualmente, las industrias necesitan crear sus propios estándares de mercado, es así como, existe una creciente presión por las partes interesadas en involucrarse más en la cadena de valor, exigiendo una búsqueda continua de eficiencia y competitividad. Henao et. al [2], declaran que a pesar de existir un creciente interés en la relación con los efectos de Lean Manufacturing en el rendimiento y sostenibilidad aún son muy escasos. Es por esto, que se debe realizar una revisión sistemática entre la relación de LM y el rendimiento sostenible.

### **1.4.2 Metodología DMAIC**

Según Ang et. al [15], Six Sigma se fundamenta en el progreso continuo de todos los estados del incremento práctico en la organización, así mismo en la dirección dinámica y la participación sin límites en todos los niveles de la empresa, por consiguiente, los proyectos de mejora de procesos Six Sigma se llevan a cabo utilizando la metodología DMAIC.

La metodología DMAIC consta de cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Estas fases están desarrolladas para llevar a un equipo paso a paso, desde el inicio de proyecto de mejora de procesos hasta su finalización. Smętkowska y

Mrugalska [8], declaran que el ciclo DMAIC consta de cinco etapas que están conectadas entre sí, en la Figura 2 se puede observar el Ciclo de DMAIC de mejora.



**Figura 2.** Ciclo de Mejora DMAIC [8]

A continuación, se presenta en la Tabla 2, las cinco etapas del ciclo DMAIC, descritas por Smętkowska y Mrugalska [8]:

**Tabla 2.** Etapas del Ciclo DMAIC [8].

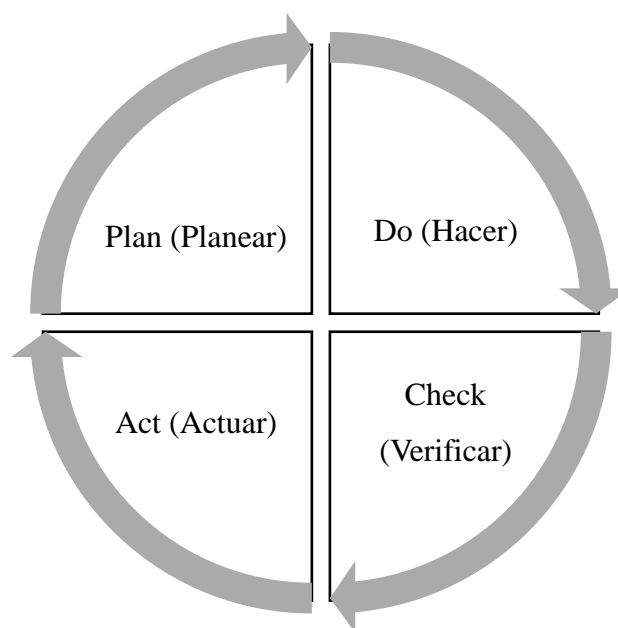
<b>Etapas del Ciclo</b>				
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Definir</b>	<b>Medir</b>	<b>Analizar</b>	<b>Mejorar</b>	<b>Controlar</b>
Detallar las obligaciones y los recursos necesarios.	Identificar las métricas válidas y confiables.	Determinar las principales razones de los problemas.	Preparar la estructura de la división de trabajo.	Documentar el plan de mejoras de normalización y seguimiento de procesos.
Especificar la estructura organizativa que sea favorable para	Comprobar si hay suficientes datos para	Establecer las diferencias entre el rendimiento actual	Desarrollar y probar posibles soluciones	Confirmar los procedimientos mejorados.

alcanzar los objetivos.	medir.	y el objetivo.	(seleccionar la mejor).	
Identificar los elementos e instalación de la fecha estimada de finalización del proyecto.	Documentar el desempeño y la eficacia actual.	Estimar los recursos necesarios para alcanzar el objetivo.	Diseñar el plan de ejecución.	Transferir la propiedad de los equipos relevantes después de la finalización del proyecto.
Obtener apoyo de la dirección.	Realizar pruebas comparativas	Especificar los posibles obstáculos.		

La metodología DMAIC se utiliza para seguir el progreso de los objetivos estratégicos de la empresa, el desempeño de habilidades de marketing y ventas, ya que permite conocer con profundidad lo que afecta el desempeño de la organización.

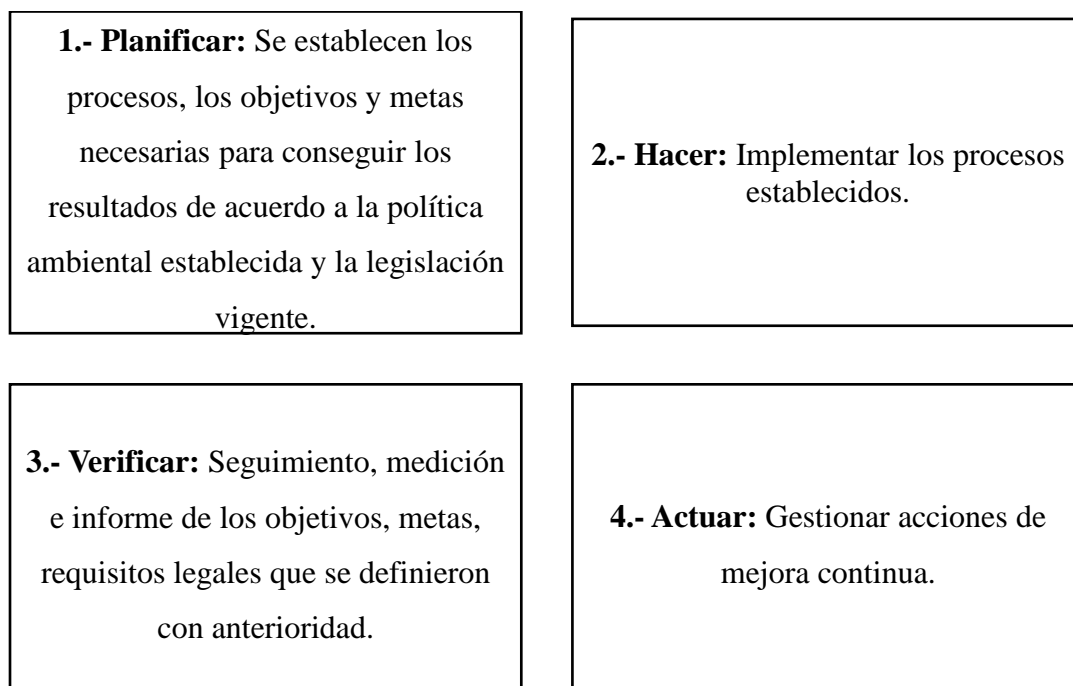
### 1.4.3 Metodología PHVA

La metodología PHVA, tiene cierta relación con la metodología DMAIC. El PHVA, también conocido como ciclo de Deming, es un enfoque de cuatro fases, el cual se basa en la mejora de procesos, se utiliza para resolver problemas de tamaño mediano, en la Figura 3, se puede observar el Ciclo de Deming de mejora continua.



**Figura 3.** Ciclo de Deming de mejora continua [16]

Navas-Cuenca [17], detalla que el ciclo de Deming está organizado en cuatro bloques:



**Figura 4.** Etapas del ciclo de Deming [17]

La metodología PHVA, es usada en todo tipo de entornos de desarrollo de nuevos productos, para mejorar procesos, optimizar estrategias, resolver problemas y otras situaciones que necesiten validación y mejoras continuas.

#### **1.4.4 Metodología cuadro de mando integral**

La metodología de Cuadro de Mando Integral es un instrumento que, permite desplazar a las empresas hacia la culminación de objetivos estratégicos de largo plazo por medio de dirigir energías, destrezas e intelectos específicos de la gente de la empresa, informa Orozco [18].

La metodología de Cuadro de Mando Integral consta de cuatro indicadores: perspectiva financiera, conocimiento del cliente, procesos internos de negocios y aprendizaje-crecimiento, indican Vega y Lluglla [19]. En la Figura 5, se puede observar el tablero de comando de objetivos en función de los cuatro indicadores.

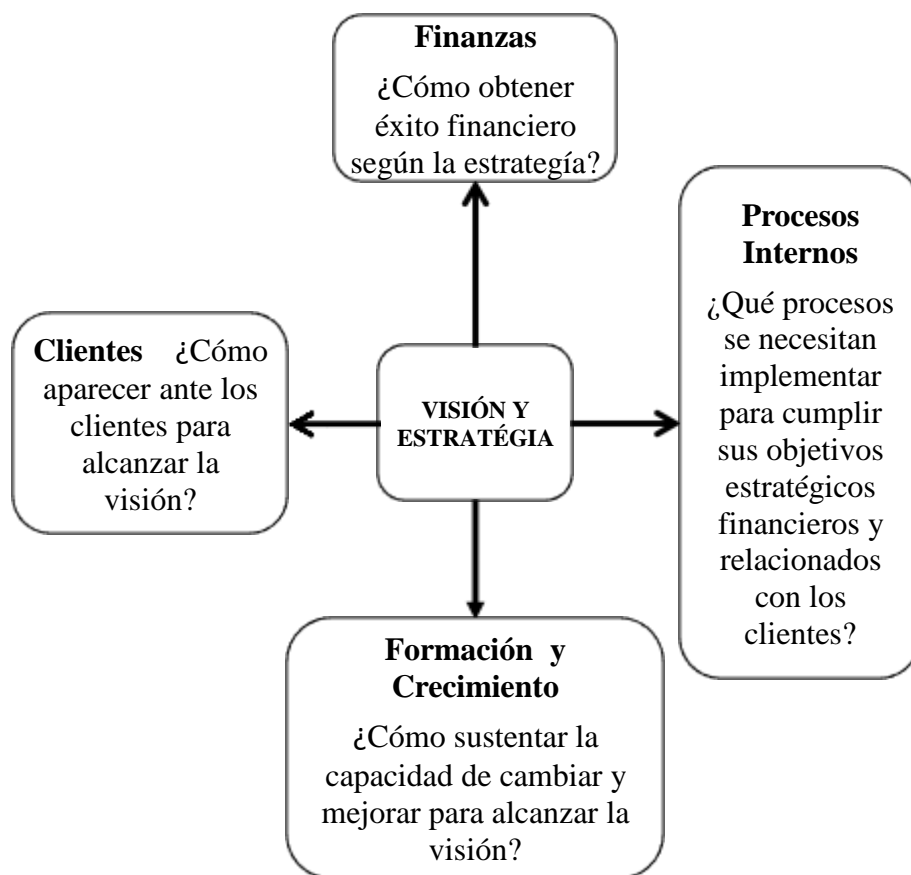


Figura 5. Tablero de comando conceptual [19]

Roncancio [20], define la estrategia de la empresa en función de los 4 indicadores:

Tabla 3. Indicadores del Cuadro de Mando Integral [20]

Perspectivas			
Financiera	Cliente	Procesos Internos	Aprendizaje y Crecimiento
Cualquier meta clave relacionado con el recurso financiero, la productividad, los ingresos y las ganancias de la empresa son parte de este criterio.	Para lograr sus objetivos financieros, este criterio se centra en las metas estratégicas que están vinculados con los clientes y el mercado.	Se debe definir que procesos son necesarios actualmente para la empresa y que debe hacer para mejorar su rendimiento.	Este criterio se considera el desempeño intangible de la gente de la empresa. Se divide en los siguientes componentes: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Capital humano:</b> habilidades, conocimiento y talento</li> <li>✓ <b>Capital de información:</b></li> </ul>

---

bases de datos,  
sistemas de  
información,  
redes e  
infraestructura.  
✓ **Capital  
organizacional:**  
educación,  
liderazgo,  
trabajo en  
equipo y  
diligencia del  
conocimiento.

---

La metodología de Cuadro de Mando Integral se aplica, si se tiene los objetivos estratégicos de la empresa bastante claros, segmentándolos en metas y atribuyendo indicadores que permitan la medición de los resultados.

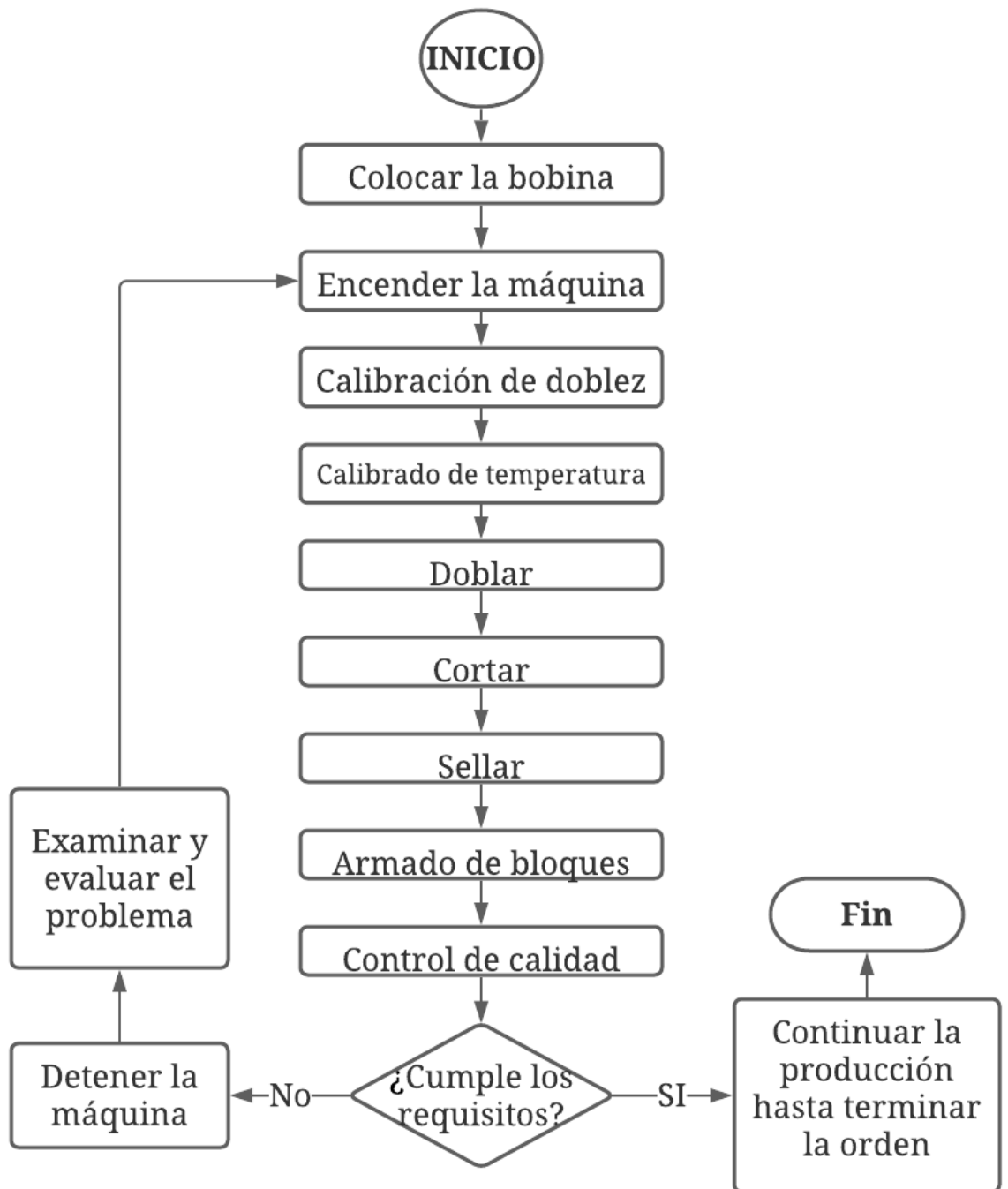
No existe una metodología mejor que otra o más completa, cada una tiene sus ventajas y desventajas. Sin embargo, para este caso de estudio se empleará la metodología DMAIC porque esta metodología va más allá, es decir, antes de modificar un proceso o realizarle mejoras, el método realiza un análisis profundo del mismo. En lo referente, a la metodología PHVA en su etapa de planificación y hacer, se limita a definir el problema, es decir, no tiene un proceso de validación tan riguroso, lo que puede presentar brechas en dichas etapas.

#### **1.4.5. Proceso de elaboración de fundas genéricas**

El diagrama de flujo general del proceso de fabricación de fundas genéricas se muestra en la Figura 6. A continuación, se presenta una breve explicación del proceso de fabricación:

El proceso de elaboración de fundas genéricas inicia con una bobina madre. Esta bobina contiene los materiales necesarios para la elaboración de las fundas genéricas. Una vez que se coloca esta bobina se calibra la máquina en: tamaño, temperatura, dimensión y grosor. La máquina procede a realizar el corte, acorde a las dimensiones y cantidades solicitadas, generalmente son 100 fundas por cada corte. El sellado es

automático, esta operación es únicamente para fundas al vacío. El operador encargado arma generalmente bloques de 100 unidades. Se toman algunas muestras del proceso de armado de bloques, para ver si la máquina necesita alguna calibración o si se puede seguir corriendo con la producción. El operador empaca manualmente las fundas que están listas y son enviadas en paquetes hasta la bodega de despachos, en donde esperan ser transportados hasta su destino final.



**Figura 6.** Diagrama de flujo de producción de fundas genéricas

### 1.4.6 Materia prima

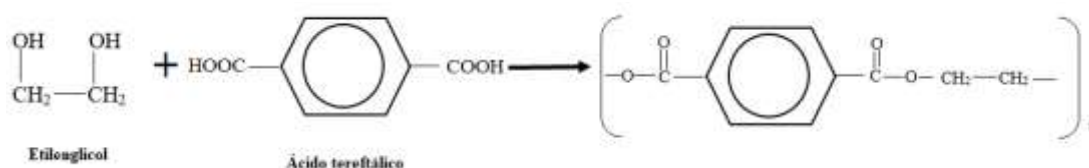
La principal materia prima para la elaboración de fundas genéricas es, el material tereftalato de polietileno o polietileno (PET, en sus siglas en inglés), la bobina consta de una lámina PET que posee hasta un 90 % de transmisión luminosa (alto grado de brillo) y propiedades ópticas, a parte este material brinda ciertas características propias como: sin olor, sin sabor, rigidez y facilidad de formación, de acuerdo con los datos técnicos del PET [21].

**Tabla 4.** Datos técnicos del PET [21]

Propiedades	Valor	Unidad	ASTM
Gravedad específica	1.34	gr/cm <sup>3</sup>	
Claridad	> 90	%	D1003
Total de luz de transmitancia	> 85	%	D1003
Brillo (45°)	> 90	%	D2457

### 1.4.7 Tereftalato de polietileno

El material tereftalato de polietileno (PET), es un poliéster obtenido a partir de una reacción de policondensación entre el ácido tereftálico (TA) y el etilenglicol, define Cobos [22].



**Figura 7.** Fórmula química del PET

### 1.4.8 Calidad

En sus principios, la calidad se delimitaba a la revisión del producto; sin embargo, esta revisión fue complementada con la teoría de control de la calidad sistemática y estadística, fortaleciendo así el tema de Control Total de la Calidad. Esto permitió



definir el concepto de aseguramiento de la calidad y establecer su documentación. Además, nacieron los estándares internacionales como las normas ISO 9000 (ISO, 2000, 2005, 2008), que proporcionaron que el tema de calidad sea más comprensible para todos los miembros de la empresa, enfocado principalmente en el cliente, los procesos y su integración en los sistemas de gestión. García et. al [23], argumentan que, en los años 90, de los aportes de Edward Deming y todos aquellos provenientes de la teoría administrativa, nace el concepto de Gestión Total de la Calidad, buscando satisfacer al consumidor por medio de la mejora continua.

#### **1.4.9 Productividad**

Mejía [24], define a la productividad como la capacidad de hacer mayores tareas en menor tiempo, la rotación, los retardos, la cantidad, la calidad del trabajo, el desempeño y el ausentismo del trabajador.

Un constante aumento en la productividad contribuye al control de problemas estructurales de la economía, como: la inflación, el desempleo, una balanza comercial deficitaria y una uniformidad monetaria inestable, establecen Bribiescas y García [25].

#### **1.4.10 Herramientas de calidad**

García et. al [26], mencionan que las herramientas de calidad permiten aumentar la calidad intrínseca, tanto de los productos como del servicio suministrado y efectuar la inspección, para establecer las razones de los problemas y disponer los oportunos resultados, a la vez el conocimiento de situaciones complicadas, formar oportunidades de mejora y ampliar programas de implantación.

Las herramientas de calidad consideradas son: (a) Hoja de verificación, (b) Histograma, (c) Diagrama causa-efecto, (d) Diagrama de Pareto, (e) Diagrama de dispersión, (f) Estratificación y (e) Gráfico de control.

Sin embargo, para este estudio se utilizará el diagrama de Pareto también conocido como la regla del 80/20, se realizará una lista con las posibles causas que impiden a la empresa, entregar el producto a tiempo.

#### **1.4.11 Levantamiento de la información**

Andrade et. al [27], explican que mediante una información in situ se registra la información referente al producto y al proceso, para identificar factores que permitan mejorar o eliminar la ineficiencia en una producción. El levantamiento de la información es un proceso por medio del cual, el investigador compila documentos e información del estado actual de la empresa, proceso o producto, con el propósito de identificar problemas y encontrar oportunidades de mejora.

El levantamiento de la información se puede realizar, mediante el uso de instrumentos y técnicas como: entrevista, encuesta, observaciones, simulación y técnicas audiovisuales y de inspección. Para este estudio se empleará la técnica de la entrevista informativa, los medios audiovisuales y la inspección sucesiva referente a la calidad, las mismas que se realizarán con la ayuda del jefe de planta.

#### **1.4.12 Diagrama de Pareto**

El diagrama de Pareto es una de las herramientas estadísticas, más empleadas en la actualidad para temas de calidad. Novillo et. al [28], lo definen como un gráfico de barras que, visualiza en orden descendente las causas del problema según su grado de consideración, medido en porcentajes. Este diagrama identifica, visualmente, que el 20 % de las causas provocan el 80 % de los efectos de un problema que es estudiado.

#### **1.4.13 Estudio de reproducibilidad y repetibilidad**

La divergencia más importante es que, la reproducibilidad posiblemente abarque adaptaciones ensayistas de materias primas, mientras que la repetibilidad quizás contenga aplicaciones en la producción. Esta distinción es importante, porque los ensayos de tipos de materiales a menudo están sujetos a más fuentes de variación que los procesos industriales, declaran Portuondo. J y Portuondo. Y [29].

La utilización de un modelo R y r para este estudio, permitirá garantizar la validez de la calidad de la producción de fundas genéricas para el sector emprendedor.

#### **1.4.14 Control Estadístico del Proceso (CEP)**

Carro y Gonzáles [30], precisan que la finalidad del control estadístico de procesos es, ejecutar de manera previsible un proceso en el tiempo. Es un instrumento que apoya en la toma de decisiones y agiliza el proceso de mejora constante de una empresa. El fundamento del CEP se manifiesta en una secuencia de procedimientos estadísticos, que permiten ordenar criterios para medir, detectar y corregir variaciones en el proceso que puedan afectar la calidad del producto o servicio final.

#### **1.4.15 Prueba de Tukey**

La prueba de Tukey es un procedimiento que, tiene como objeto contrastar las medias independientes procedentes de un estudio de varianzas, de diversas muestras expuestas a métodos diferentes. En los ensayos donde se contrasta entre tres o más métodos diversos destinados al mismo número de pruebas, se solicita estimar si los resultados son considerablemente diferentes o no, declara Cajal [31].

#### **1.4.16 Capacidad de un proceso**

El índice de capacidad del proceso es, una función adimensional de las variables del proceso ( $\mu$ ,  $\sigma$ ) y de la especificación del proceso (LSE, VN, LIE) avanzado para facilitar un mismo lenguaje y de fácil entendimiento para la capacidad de rendimiento del proceso, determinan Hernández y Da Silva [32].

donde

$\mu$  = media del proceso

$\sigma$  = varianza de las variables de calidad del proceso

LSE = límite superior de especificación

LIE = límite inferior de especificación

VN = valor nominal

#### **1.4.17 Índices de capacidad de un proceso**

Quintero [33], menciona que un indicador es un signo que brinda datos, evidencias y pruebas. Los índices de capacidad de un proceso administran una investigación aritmética sobre como el proceso se adapta a unos límites de especificación. Para

pronosticar cuantos de los productos del proceso van a satisfacer a las especificaciones, fueron creados el  $C_p$  y  $C_{pk}$ .

#### **1.4.18 Índices $C_p$ y $C_{pk}$**

De acuerdo con Delgado [34], el indicador de la capacidad potencial del proceso ( $C_p$ ) contrasta la variación del proceso contra la permitida por el cliente y el indicador de capacidad real del proceso ( $C_{pk}$ ) determina la desigualdad entre la media del proceso y la hipotética determinada por el cliente.

#### **1.4.19 Software**

##### **➤ MATLAB**

Jalalvand et. al [35], manifiestan que MATLAB, es un sistema participativo cuyos elementos de datos básicos es una matriz que no exige dimensionamiento. Esto permite al usuario resolver muchos problemas informáticos técnicos, especialmente aquellos con matriz y formulaciones vectoriales, en una fracción del tiempo que llevaría escribir un programa en un escalar no interactivo.

MATLAB en primeras instancias se desarrolló para proporcionar un fácil acceso al software matricial, publican Cabrera et. al [36]. Para este estudio MATLAB, se utilizará para realizar la presentación de los resultados y crear diagramas personalizados.

##### **➤ SPSS**

López et. al [37], indican que el SPSS, es un paquete estadístico que integra un conjunto de programas y subprogramas organizados de modo que, cada uno de ellos está vinculado con todos los demás. Este paquete estadístico reconoce que se puedan adaptar a un propio archivo de datos, un conjunto extenso de técnicas estadísticas de forma simultánea.

Para este estudio el SPSS se utilizará, para la gestión de grandes volúmenes de datos en el caso que se requiera.

## ➤ **MINITAB**

Es un programa informático que, permite realizar tareas estadísticas tanto esenciales como destacadas, fácil de utilizar y muy ágil en el procesamiento de información por medio de las aplicaciones, con una posibilidad de investigación fácil y rápida de modo que el usuario no tenga dificultades en su aplicación [38].

Para este estudio el MINITAB, se utilizará para realizar el análisis estadístico para el proceso de mejora continua DMAIC.

### **1.5 Conclusiones del capítulo**

En este capítulo, se revisó la aplicación del ciclo de mejora de la metodología DMAIC, pues se puede aplicar a todos los procesos y al sistema de gestión de calidad como un todo [39]. Por lo tanto, para ser conforme con los requisitos del cliente, una empresa necesita planificar acciones para abordar los riesgos y las oportunidades, esto establece una base, para aumentar la eficacia del sistema de gestión de calidad, alcanzar mejores resultados y prevenir los efectos negativos.

En relación, con otras herramientas de gestión permite a una organización utilizar el enfoque a procesos, en conjunto con el ciclo de mejora DMAIC y el pensamiento basado en riesgos para alinear o integrar su proceso con el sistema de gestión de la calidad o con los requisitos de otras normas de sistemas de gestión.

## **CAPÍTULO 2**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1. Introducción**

En el Capítulo 2, se realizó una explicación de la metodología que respalda el presente proyecto. En primer lugar, se determinó el problema de estudio para poder establecer el diseño, modalidad, tipos, métodos, técnicas e instrumentos de investigación que se llevaron a cabo. En segundo lugar, se estableció la operacionalización de las variables, la población y muestra para efectuar el análisis de datos, los resultados de la técnica aplicada y finalmente las conclusiones de este capítulo.

Este proyecto de estudio se realizó, en una empresa dedicada a la elaboración de fundas genéricas, localizada en la ciudad de Quito. Se estudió el proceso de producción de fundas genéricas para proponer el sistema de mejora DMAIC.

#### **2.2. Diseño de la investigación**

Por medio del diseño de la investigación se obtuvo toda la información necesaria y requerida para aceptar o rechazar la hipótesis.

De acuerdo con Arias - Navas et. al [40], el diseño experimental cumple un papel fundamental dentro del campo de diseño, mejora de procesos y productos, especialmente en sitios de manufactura y optimización continua. Por otro lado, el experimento verdadero, se refiere a aquellos que agrupan las condiciones para obtener el control y la efectividad interna. Por consiguiente, esta investigación fue de tipo experimental y se llevó a cabo la prueba verdadera. Experimental porque mejoró el proceso de producción de fundas genéricas y verdadero porque se aprobó y se comprobó la hipótesis en base a un análisis estadístico.

#### **2.3. Modalidad de la investigación**

Por medio de la modalidad de la investigación, se desarrolló una propuesta del sistema de mejora continua para solucionar los problemas, requerimientos o necesidades del proceso de producción de fundas genéricas.

Investigación documental, en primera instancia, se define como una serie de procedimientos y métodos de búsqueda, procesamiento y almacenamiento de la información contenida en los documentos, en segunda instancia, la presentación sistemática, congruente y suficientemente sostenida de nueva información en un documento científico según Tancara [41].

Investigación de campo o estudio de campo, es una investigación en la cual se miden datos sobre un evento en particular y estos datos se registran en el lugar donde suceden. En otras palabras, el investigador se desplaza hasta el sitio donde sucede el fenómeno a estudiar, con la intención de recolectar información oportuna para su investigación [42].

Por lo tanto, la modalidad para este proyecto de investigación es de campo y documental.

## **2.4. Tipo de investigación**

### **2.4.1 Investigación con enfoque mixto**

Para explicar un adecuado análisis, es importante estudiar el proceso de producción de fundas genéricas y el personal involucrado en el trabajo, este último representa un gran valor dentro de la metodología de investigación.

En el presente proyecto, se utilizó el enfoque mixto de la investigación, tomando en cuenta técnicas cuantitativas como: análisis, estándares, aprobaciones e históricos de materia prima, producto terminado, técnicas cualitativas como entrevista al jefe de planta, cualquier clase de evidencia como fotografías, videos, grabaciones de audio.

De acuerdo con Sampieri et. al [43], los métodos mixtos son procesos organizados, experimentales, precisos de investigación y comprenden la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su anexión y debate conjunto, esto permite concluir como resultado de toda la información recolectada y así lograr una mejor comprensión del problema en estudio.

El levantamiento de la información, de una empresa que se dedica a la elaboración de fundas genéricas, parte de una investigación cualitativa, la cual fue utilizada para el

estudio de la situación actual de la empresa. Luego, se procedió a realizar una investigación cuantitativa, se evaluó los parámetros de calidad de las fundas genéricas mediante normas, parámetros técnicos propios de la empresa y posteriormente se propuso las respectivas propuestas de mejora.

#### **2.4.2 Investigación bibliográfica - documental**

La investigación bibliográfica - documental constituye toda la recopilación de información, que sirve de fundamento para el desarrollo de este proyecto de investigación.

Se compiló la información técnica, de la máquina empleada en el proceso productivo de elaboración de fundas genéricas, datos e informes de producción, empleo de materiales e información por parte del jefe de planta de las diferentes operaciones del proceso. Por otro lado, lo relacionado con los conceptos de DMAIC, indicadores, herramientas de calidad, entre otros; fue tomado de artículos científicos, de revistas y libros con lo que se delimitó el marco metodológico, basado en la propuesta de la metodología DMAIC, en una empresa que se dedica a la elaboración de fundas genéricas.

#### **2.5. Métodos de investigación**

Los métodos que se utilizaron en el desarrollo de este proyecto de investigación fueron los siguientes:

##### **2.5.1 Método científico**

Este método se fundamenta en lo experimental, expuesto a principios característicos de análisis de razonamiento. Se apoya en dos bases elementales la reproducibilidad: que es la capacidad de duplicar un experimento, en cualquier lugar y por cualquier persona y la refutabilidad: que comprende que toda propuesta científica tiene que ser rebatida puesto que las propuestas científicas jamás pueden valorarse como verdaderas [44].

El esquema de método científico para este caso de estudio fueron los siguientes:



### **2.5.2 Método deductivo**

Reside en la identificación de la particularidad y enunciados de la efectividad singular, que se analiza por resultado, consecuencia de las características, enunciados contemplados en propuestas o leyes investigativas de carácter global presentadas anticipadamente [45].

Este método permitirá, realizar un análisis minucioso de los datos que se obtengan en la investigación, en el establecimiento del marco teórico y la propuesta del sistema de mejora.

### **2.5.3 Método inductivo**

El modelo inductivo es un procedimiento centrado en el razonamiento, como “transcurrir de sucesos personales a principios globales”. Básicamente radica en examinar u observar circunstancias o experiencias especiales, con el objetivo de conseguir conclusiones que puedan inducir o permitir seguir de ello el soporte de una teoría [46].

Este método será de gran ayuda para, analizar el diagnóstico de la situación actual del proceso de producción de fundas genéricas dentro de una planta de producción.

## **2.6. Técnicas e instrumentos**

Las técnicas e instrumentos que se utilizaron en este proyecto de investigación fueron:

### **2.6.1 Entrevista informativa**

Según Raffino [47], la entrevista informativa radica en que, el interrogador pretende adquirir información que ignora. El examinador no tiene información preliminar del asunto, sino que la consigue a medida que se desarrolla la conversación.

La entrevista se realizó exclusivamente, al jefe de planta de la empresa que se dedica a la fabricación de fundas genéricas, las preguntas se realizaron mediante un cuestionario el cual fue enviado al correo personal.

### **2.6.2 Medios audiovisuales**

Los medios audiovisuales son medios de comunicación social, que se relacionan ante todo con la imagen como por ejemplo la fotografía y el audio. Se relacionan a recursos formativos que con imágenes y grabaciones funcionan para informar mensajes característicos [48].

Los medios audiovisuales que se solicitaron al jefe de planta fueron fotografías, videos y/o audio de grabaciones donde se observó y se mostró la maquinaria, el proceso de producción de fundas genéricas, aprobaciones e históricos de materia prima y producto terminado, entre otros.

### **2.6.3 Técnica de inspección referente a la calidad**

La técnica de inspección relacionada a la calidad funciona para reconocer y medir las especificaciones de un producto, del mismo modo los elementos y componentes que se encuentra elaborado o de un servicio o proceso específico [49].

La técnica de inspección sucesiva, referente a la calidad, se realizó al trabajador el cual es el único responsable de la calidad del producto en su área de trabajo, es decir, primero se realizó una capacitación al personal operativo, posteriormente y de acuerdo con la tabla de muestreo se efectuó la inspección, si una funda genérica no cumple con las especificaciones, el trabajador tiene la obligación de comunicar al departamento de Control de Calidad la existencia del defecto. La evaluación y análisis de la toma de información se ejecutó mediante una hoja de recogida de datos.

### **2.7. Operacionalización de las variables**

Operacionalizar las variables significa mostrar en un cuadro y desorganizarlas en sus fracciones esenciales para, proporcionar su conocimiento irrefutable. La función de la operacionalización es, exponer al lector la forma en la que se han definido y operativizado las variables, así como el modo en que se van a manejar desde la perspectiva estadística, declaran Villavicencio- Caparó et al. [50].

La operacionalización de variables para este caso de estudio se realizó en función de la hipótesis planteada, a partir de esta suposición se determinó las variables

dependiente e independiente, la definición conceptual, las dimensiones, los indicadores, el índice y técnicas e instrumentos.

A continuación, en la Tabla 5 se describe la operacionalización de variables para el presente caso de estudio:

**Tabla 5.** Operacionalización de variables

<b>Variables</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Índice</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
<b>Variable independiente</b>  Sistema de mejora continua, utilizando la metodología DMAIC.	Conjunto de medidas de cambio que, realiza una organización, empresa y/o servicio para mejorar la calidad, la productividad y la capacidad.	Productividad	Indicador de gestión del proceso.	$\frac{\text{Eficiencia} \times \text{Eficacia}}{100}$	Medición	Hoja de registro de datos de producción.
		Metas	Índices de capacidad potencial del proceso.	Capacidad del proceso ( $C_p$ ) Capacidad real del proceso ( $C_{pk}$ )	Medición	Hojas de registro de datos de producción.
<b>Variable dependiente</b>  Producción de fundas genéricas.	Fabricación o elaboración de fundas genéricas en una jornada de trabajo.	Eficacia	Porcentaje de unidades producidas por unidades planificadas.	Cumplimiento	Medición	Hojas de datos de fundas producidas y planificadas.
		Eficiencia	Uso de recursos.	Desperdicios	Medición	Hoja de datos sobre los volúmenes de producción.

## 2.8. Población y muestra

La población de una empresa que se dedica a la producción de fundas genéricas, en turno normal de ocho horas produce alrededor de un lote de 1500 fundas genéricas.

El muestreo se realizará tomando en cuenta el tamaño de lote y el nivel de inspección que se quiera realizar al producto, si el producto tiene un histórico que no ha presentado inconvenientes, se recomienda realizar un nivel de inspección general, utilizando cualquier nivel de S de inspección, pero si el producto presenta antecedentes como parámetros fuera de rango, aprobaciones en segundo nivel, reclamos del cliente, entre otros, se realiza un nivel de inspección especial más estricto (Ver Anexo I).

## 2.9. Resultados de la técnica aplicada

La técnica seleccionada para este proyecto de investigación se encuentra enfocada en la estructura de solución de problemas, relacionados a la calidad o a la optimización de procesos, denominado DMAIC, la misma que consta de cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

A continuación, en la Figura 8 se describe los objetivos DMAIC, que se buscan en este proyecto de investigación en relación con las cinco fases:

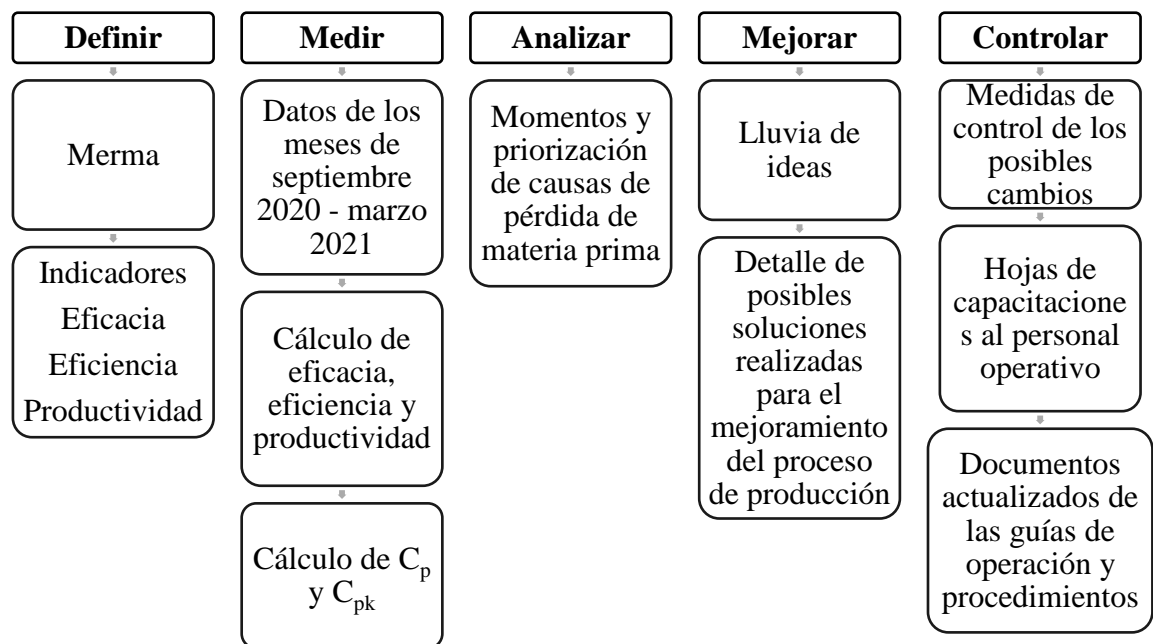


Figura 8. Objetivo DMAIC del proceso de producción de fundas genéricas.

## **2.10. Conclusiones del capítulo**

En este capítulo, se detalló la importancia de la metodología de la investigación en el proceso de producción de fundas genéricas.

El diseño de la investigación fue experimental y verdadera. La modalidad de investigación fue de campo y documental. El tipo de investigación estaba relacionada al enfoque mixto y a la perspectiva bibliográfica - documental. El método de investigación aplicado fue científico, el cual siguió los esquemas deductivo e inductivo. Se utilizó la entrevista informativa (técnica) mediante un cuestionario (instrumento), los medios audiovisuales como fotografías, videos y/o audio de grabaciones y técnicas de inspección referente a la calidad mediante la aplicación de una tabla de muestreo a un lote de producción. La operacionalización de las variables dependiente e independiente, con sus respectivos índices, técnicas e instrumentos. La identificación de la población relacionada a la producción de fundas genéricas, la muestra tomada de un lote de producción y finalmente los resultados de aplicación de la metodología DMAIC. Con todos estos antecedentes, lo que se pretendió fue delimitar el proyecto de investigación.

## **CAPÍTULO 3**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **3.1. Introducción**

El presente capítulo, tiene como finalidad exponer el proceso que orienta a la demostración de la hipótesis de este trabajo de investigación. En primera instancia, se aplicó los instrumentos de recolección de la información como: la entrevista informativa y los medios audiovisuales. Posteriormente, se detalló la situación actual del proceso mediante la metodología DMAIC.

#### **3.2. Descripción de la situación actual**

La descripción de la situación actual, del proceso de fabricación de fundas genéricas se realizó mediante la aplicación de la metodología DMAIC. A continuación, se describe cada fase involucrada en el proceso de fabricación de fundas genéricas:

##### **Primera Etapa: Definir**

Después de la entrevista informativa, con el jefe de planta de la empresa dedicada a la fabricación de fundas genéricas, se determinó que el principal inconveniente en contra de la productividad es la merma, es decir, pérdida de la materia prima al momento de arrancar con el proceso, la misma que afecta directamente a los ingresos de la empresa. Denotándose que se estima que, la primordial fuente de merma es el proceso de calibración de doblez y de temperatura de la máquina, el jefe de planta manifiesta que la cantidad de desperdicio depende de cada producción, en los lotes se trata de recuperar el mayor número de desperdicio de materia prima, sin embargo, hay casos donde es imposible recuperar.

El análisis y mejora debe centrarse en eludir la merma de materia prima en las etapas del proceso de calibración de doblez y de temperatura, para la mejora de la productividad. En el presente proyecto de investigación, se determinó que los indicadores de productividad son los que miden la eficacia y eficiencia del proceso de producción de fundas genéricas, los mismos que se utilizarán en la fase de medición.

**Tabla 6.** Denominación de las fundas en la empresa de producción.

<b>Referencia</b>	<b>Código del Material</b>	<b>Tipo</b>
Funda Genérica	PET/PEBD TRANSP	DOYPACK

En la Tabla 6, se observa la referencia, el código del material y el tipo comercial de como se le conoce a estas fundas dentro de la empresa.

### **Segunda Etapa: Medir**

Una vez propuestos los indicadores a determinar para, las mediciones correspondientes a los resultados del proceso de fabricación de fundas genéricas, acorde al objetivo de mejora de la productividad y de acuerdo con los datos entregados por la empresa, en la Tabla 7 y Tabla 8, se realizó el cálculo de la eficiencia y eficacia, respectivamente en relación con los últimos 6 meses (septiembre 2020 a marzo 2021), de tal medición se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 7.** Cálculo de la eficiencia

<b>Fecha de producción</b>	<b>Materia prima programada (kg)</b>	<b>Materia prima utilizada (kg)</b>	<b>Desperdicio: Materia prima programada – Materia prima utilizada (kg)</b>	<b>Eficiencia % Desperdicio (Materia prima utilizada / Materia prima programada)</b>
03/09/2020	189	171	18	90.48
06/11/2020	328.1	298	30.1	90.83
31/03/2021	167.7	152	15.7	90.64
<b>TOTAL</b>	<b>684.8</b>	<b>621</b>	<b>63.8</b>	<b>90.65</b>

En la Tabla 7 se presenta, una producción de frecuencia irregular (producción que corresponde a tres meses saltados y de diferentes años, producto de la pandemia COVID 19) con los siguientes datos:

**Materia prima programada:** Equivale a la materia prima insustituible para conseguir una producción sin desperdicio, para este caso de estudio, se relaciona a la venta final de fundas genéricas a utilizar para alcanzar una producción sin defectos.



**Materia prima utilizada:** Se determina como la materia prima utilizada de forma real, para alcanzar la producción sin desperdicio, para este caso de estudio, se relaciona a la cantidad de fundas genéricas antes de entregar al cliente final. Es decir, el volumen de fundas genéricas que fueron necesarias para alcanzar la venta (producción sin defectos).

En septiembre de 2020 existe una eficiencia del 90.48 %, en noviembre de 2020 de 90.83 % y en marzo de 2021 de 90.64 %. Dando un promedio total de eficiencia de 90.65 %. Con este resultado y en comparación con el Anexo III (Reglas para la evaluación de indicadores de eficacia, eficiencia y productividad), se indica que el proceso de producción es moderadamente eficiente, esto quiere decir, que se desperdicia en total 63.8 kg de materia prima al momento de arrancar con el proceso de producción de fundas genéricas.

**Tabla 8.** Cálculo de la eficacia

<b>Fecha de producción</b>	<b>Unidades planificadas (kg)</b>	<b>Unidades producidas (kg)</b>	<b>Cumplimiento: Unidades producidas- Unidades planificadas (kg)</b>	<b>Eficacia % Cumplimiento (Unidades producidas/ Unidades planificadas)</b>
03/09/2020	25000	26600	1600	106.4
06/11/2020	40000	42800	2800	107
31/03/2021	25000	23400	1600	93.60
<b>TOTAL</b>	<b>90000</b>	<b>92800</b>	<b>6000</b>	<b>102.3</b>

En la Tabla 8 se muestra, una producción de frecuencia irregular con los siguientes datos:

**Unidades planificadas:** Se relacionan a la cantidad (volumen en kilos), de fundas genéricas compradas a la empresa en el periodo de septiembre, noviembre (2020) y marzo (2021). Se han tomado los datos correspondientes a la información contable, otorgada por la empresa de producción de fundas genéricas, este registro refiere a la cantidad comprada en estos meses. Idealmente, la cantidad de fundas genéricas planificadas es la que debería venderse al cliente final.

**Unidades producidas:** Se relaciona a la cantidad de fundas genéricas vendidas, es decir, distribuidas a los clientes finales, este antecedente ha sido facilitado por los reportes contables de la empresa y se estima la producción final real, por la que se han obtenido utilidades. Se observa, que las unidades producidas de los meses de septiembre y noviembre (2020) es mayor a las unidades planificadas, lo que indica que en estos meses no hay mermas en el proceso de producción de fundas genéricas, sin embargo, en las unidades producidas del mes de marzo (2021) es menor a las unidades planificadas lo que señala que existe mermas en el proceso de producción de fundas genéricas.

En septiembre existe una eficacia de 106.4 %, en noviembre de 107 % y en marzo de 93.60 %. Dando un total de eficacia de 102.3 %. Con este resultado y en comparación con el Anexo III (Reglas para la evaluación de indicadores de eficacia, eficiencia y productividad), se indica que el proceso de producción es muy eficaz, esto quiere decir, que existe un cumplimiento de pedidos de 6000 kg de fundas genéricas, estableciendo un desperdicio total de 63.8 kg de materia prima.

**Tabla 9.** Cálculo de la productividad (eficacia y eficiencia)

<b>Fecha de producción</b>	<b>Eficiencia % Desperdicio</b>	<b>Eficacia % Cumplimiento</b>	<b>Productividad (% Desperdicio * % Cumplimiento) /100</b>
03/09/2020	90.48	106.4	96.27
06/11/2020	90.83	107	97.19
31/03/2021	90.64	93.60	84.83
<b>TOTAL</b>	<b>90.65</b>	<b>102.3</b>	<b>92.76</b>

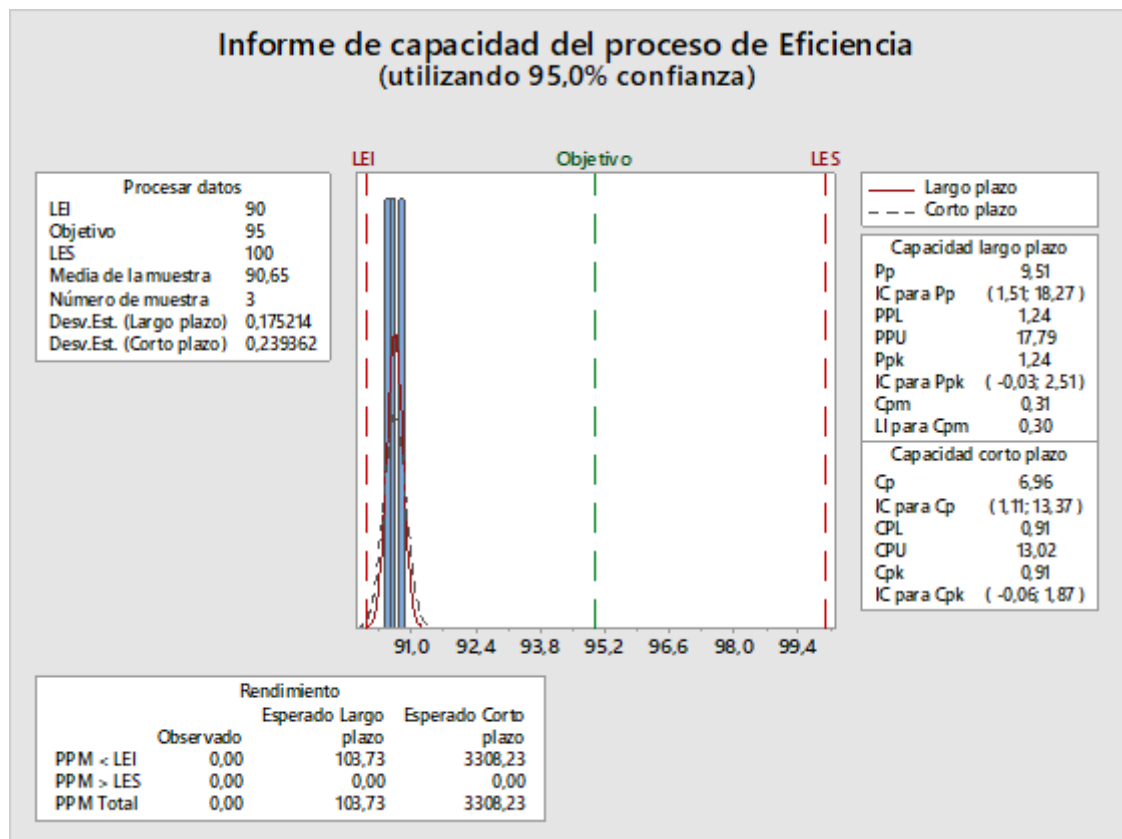
En la Tabla 9 se muestra, una productividad de frecuencia irregular con los siguientes datos:

**Eficiencia y eficacia:** Son las dimensiones de la productividad y se relacionan a los niveles de aprovechamiento, que alcanza la utilización de materias primas y el cumplimiento de pedidos, respectivamente.

En septiembre existe una productividad de 96.27 %, en noviembre de 97.19 % y en marzo de 84.83 %. Dando un total de productividad de 92.76 %. Con este resultado y en comparación con el Anexo III (Reglas para la evaluación de indicadores de eficacia,

eficiencia y productividad), se indica que la productividad del proceso de producción de fundas genéricas es ineficiente en los elementos de producción, ya que los costos no se recuperan con las ventas de fundas genéricas y hay pérdidas de capital invertido.

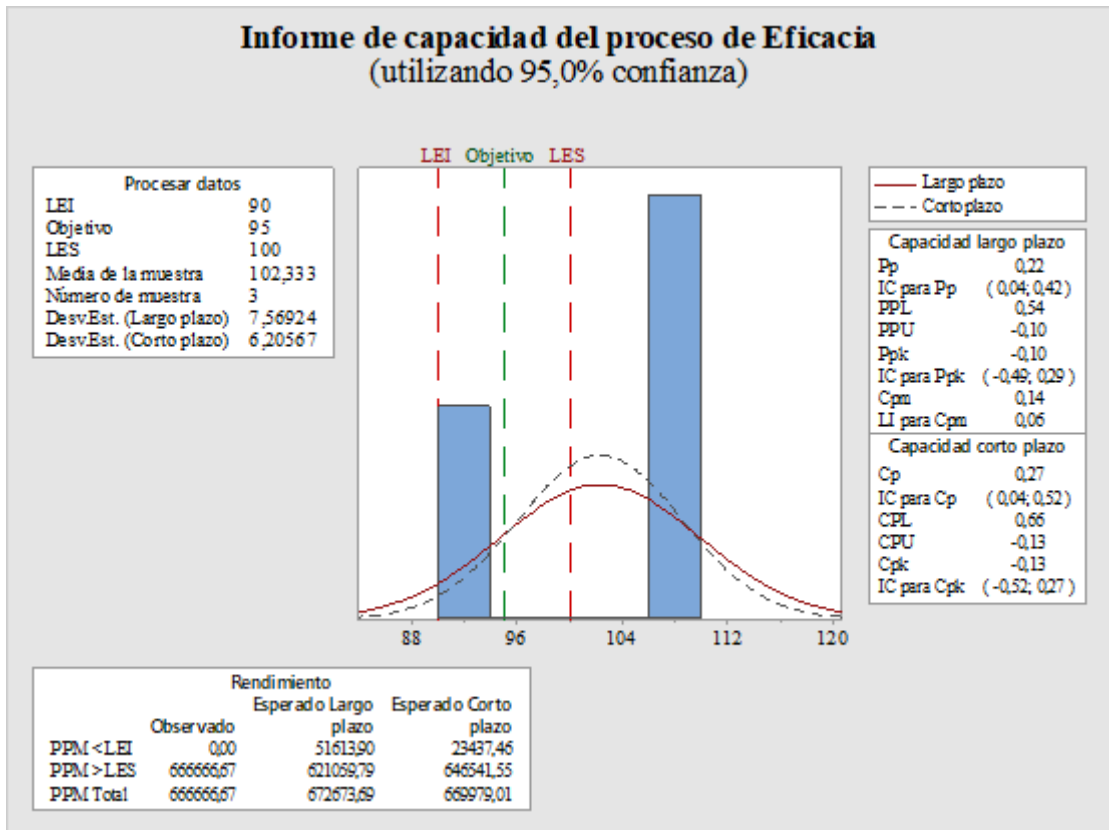
A continuación, en la Figura 9, 10 y 11, se indica los resultados de la capacidad del proceso de eficiencia, eficacia y productividad, respectivamente.



**Figura 9.** Informe de capacidad del proceso de eficiencia.

En la Figura 9, se observa que, aunque la muestra se encuentre dentro de los límites de especificación, la curva de distribución no está centrado con el objetivo. Los datos no exceden el valor objetivo y están cerca del límite de especificación inferior.

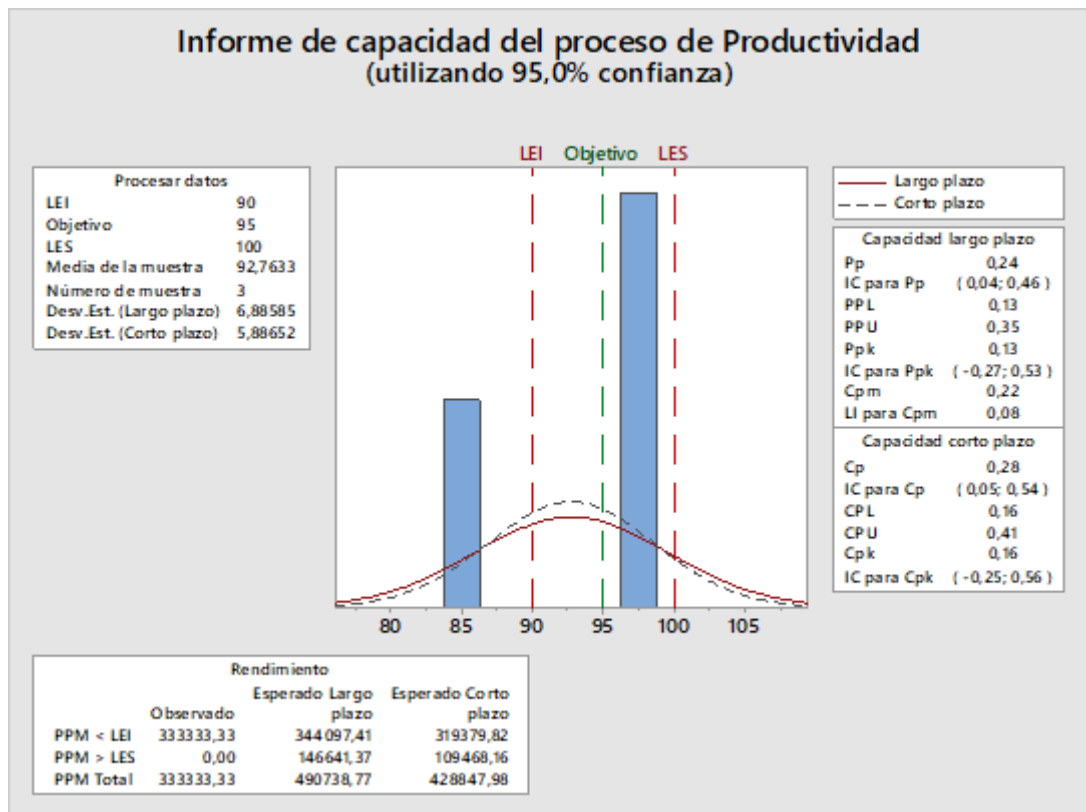
El  $C_p$  (6.96) y  $C_{pk}$  (0.91) tienen valores diferentes, esto significa que el proceso no está centrado.



**Figura 10.** Informe de capacidad del proceso de eficacia

En la Figura 10, se observa que, la muestra no se encuentra dentro de los límites de especificación, la curva de distribución no está centrado con el objetivo. Los datos no se encuentran dentro del valor objetivo y están cerca del límite de especificación inferior y se excedió del límite superior.

El  $C_p$  (0.27) y  $C_{pk}$  (-0.13) tienen valores diferentes, esto significa que el proceso no está centrado.



**Figura 11.** Informe de capacidad del proceso de productividad.

En la Figura 11, se observa que, la muestra no se encuentra dentro de los límites de especificación, la curva de distribución no está centrado con el objetivo. Los datos no se encuentran dentro del valor objetivo y están cerca del límite de especificación superior y la muestra no ingresa al límite inferior.

El  $C_p$  (0.28) y  $C_{pk}$  (0.16) tienen valores diferentes, esto significa que el proceso no está centrado.

### Tercera Etapa: Analizar

Ejecutada la recopilación de datos y el cálculo de la medición de indicadores, continúa la fase en la que se establece los motivos de una producción defectuosa, para este trabajo de investigación es la pérdida de la materia prima al momento de arrancar con el proceso.

Con este fin, se desarrolló una reunión con el jefe de planta y jefe de mantenimiento para analizar y resolver las causas referidas a la pérdida de la materia prima al momento de arrancar con el proceso.

En dicha reunión, se realizó una lista a partir de una “lluvia de ideas”, dadas desde la observación del jefe de planta y de las sugerencias del jefe de mantenimiento, donde se presentaron las principales características de momento y causa en función de la pérdida de materia prima.

A esta lista se les asignó su prioridad en una escala de 1 a 4, donde 1 es la más alta. Estas ponderaciones, están basadas y avaladas en los criterios de utilidad objetiva del jefe de planta y mantenimiento.

Estas prioridades, van de acuerdo con el tiempo de procesamiento estimado para realizarlas, en este caso y por experiencia del jefe de mantenimiento, se llevará a cabo las tareas con el tiempo de procesamiento más corto, las mismas que se colocará en primer lugar en la lista de prioridades.

**Tabla 10.** Momentos y priorización de causas de pérdida de la materia prima.

<b>Momento</b>	<b>Causa</b>	<b>Prioridad</b>
Máquina	Calibración de doblez y temperatura	1
	Componentes de la máquina descalibrados	1
Método	Temperatura y velocidad incorrectas	2
	Mal manejo de los parámetros del proceso	2
Mano de Obra	Incumplimiento con la rutina de mantenimiento	3
	No trabajar con el mismo proveedor de materias primas	4
Materiales	Uso de los desperdicios de materia prima	4

A continuación, para determinar estos motivos, en la Tabla 10 se observa, que las principales causas de pérdidas de materia prima son: la calibración de doblez-temperatura y los componentes descalibrados (prioridad 1), los mismos que se encuentran enfocados en la máquina.

Se identificó y determinó como segunda prioridad la temperatura-velocidad incorrectas y el mal manejo de los parámetros del proceso por lo que se debe tomar acciones de revisar la hoja de proceso y la hoja técnica de la máquina.

Como tercera prioridad, se identificó que se debe tomar acciones en el incumplimiento con la rutina de mantenimiento, se debe revisar el plan de mantenimiento preventivo y conocer cuál fue el último mantenimiento y en qué condiciones se encontraba trabajando la máquina.

Y finalmente, como cuarta prioridad se determinó que, se debe tomar acciones en el uso de desperdicios de materia prima, es decir, muy probablemente, el desperdicio que se da al momento de la calibración de la máquina, que puede ser nuevamente utilizado para el proceso de fabricación, sin embargo, luego de haber sufrido cierto estiramiento pueda que la funda no salga como la original. También como cuarta prioridad, no trabajar con el mismo proveedor de materias primas, implica conocer si en el transcurso de estos 6 meses de producción se realizó algún cambio de proveedor.

#### **Cuarta Etapa: Mejorar**

Una vez identificadas en la fase anterior, las causas de la pérdida de materia prima, en la presente fase se toman las acciones pertinentes para, mejorar el proceso de producción de fundas genéricas.

En relación con la reunión realizada con el jefe de planta, se detalla en la Tabla 9 las acciones planteadas y priorizadas en la etapa anterior:

**Tabla 11.** Posibles soluciones realizadas para el mejoramiento del proceso de producción de fundas genéricas.

<b>Posibles soluciones</b>	<b>Causa</b>
Acciones de mantenimiento preventivo y correctivo	Calibración de dobléz y temperatura
Actualización de procedimientos y guías de operación	Componentes de la máquina descalibrados
	Temperatura y velocidad incorrectas
	Mal manejo de los parámetros del proceso

Capacitación al personal de mantenimiento y del proceso	Incumplimiento con la rutina de mantenimiento
Acciones correctivas de proveedores y uso de reciclaje de materia prima	No trabajar con el mismo proveedor de materias primas Uso de los desperdicios de materia prima

En la Tabla 11, se muestran las posibles soluciones, desarrolladas con el objetivo de mejorar el proceso de producción de fundas genéricas, la descripción de cada una de las posibles soluciones se muestra a continuación:

**Acciones de mantenimiento preventivo y correctivo:**

De acuerdo con el jefe de planta, se realizarán las siguientes acciones de mantenimiento:

- ✓ Calibración de doblado y temperatura a 160 °C.
- ✓ Componentes de la máquina descalibrados.

**Actualización de procedimientos y guías de operación:**

Como cumplimiento a las diferentes acciones, se realizará la actualización de procedimientos y guías de operación, para continuar con los cambios:

- ✓ Temperatura y velocidad incorrectas.
- ✓ Mal manejo de los parámetros del proceso.

**Capacitación al personal de mantenimiento y del proceso:**

Para la capacitación se espera contar en su totalidad con el personal operativo, involucrado en el área de mantenimiento y el personal del proceso de producción de las fundas genéricas y se daría la siguiente capacitación:



- ✓ Rutina de mantenimiento a la máquina al momento de arrancar el proceso.

#### **Acciones correctivas de proveedores y material reciclado:**

Adicional y como complemento, se realizarán las acciones correctivas de proveedores y material reciclado:

- ✓ No trabajar con el mismo proveedor de materias primas.
- ✓ Uso de los desperdicios de materia prima al momento de arrancar con el proceso de producción de fundas genéricas.

#### **Quinta Etapa: Controlar**

En la última etapa, se propone las medidas de control, con la finalidad de que los posibles cambios que, pueden ocasionar estas mejoras en el proceso de producción de fundas genéricas se mantengan en el tiempo.

Por tal razón se propone al jefe de planta, realizar una revisión mensual sobre los procedimientos y guías de operación, así como las acciones periódicas cada 3 meses, para controlar que el personal operativo se encuentra ejecutando correctamente las mismas.

Finalmente, se propone que mensualmente se realice la comparación y la evaluación de los indicadores de productividad y trimestralmente se emita un informe de mantenimiento sobre el funcionamiento de la máquina, esto permitirá evaluar las diferentes acciones correctivas para disminuir las pérdidas de materia prima al momento de arrancar el proceso.

### **3.3. Conclusiones del capítulo**

En este capítulo, se detalló el análisis e interpretación de resultados del proceso de producción de fundas genéricas.

El análisis e interpretación de resultados, inicia con el estudio de la situación actual del proceso de producción de fundas genéricas utilizando la metodología DMAIC, primero se identificó la principal merma del proceso de producción, la cual es la pérdida de materia prima al momento de arrancar con el proceso, esto se evidencia en

la etapa de calibración de dobléz y de temperatura de la máquina, segundo se utilizaron datos de producción de septiembre 2020 a marzo 2021 y se calculó la eficacia dando un resultado de 102.3 % y eficiencia de 90.65 % para establecer los indicadores de rendimiento del proceso, tercero se realizó la organización de ideas mediante los momentos y priorización de las causas de pérdida de la materia prima, cuarto se estableció posibles soluciones para el mejoramiento del proceso de producción y quinto se propone al Jefe de Planta algunas medidas de control con la finalidad de que los posibles cambios puedan mantenerse en el tiempo.

## **CAPÍTULO 4**

### **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MEJORA CONTÍNUA, APLICANDO METODOLOGÍA DMAIC.**

#### **4.1. Introducción**

El presente capítulo, tiene como principal objetivo presentar la propuesta y las posibles alternativas de solución, ante el problema de la pérdida de materia prima al momento de arrancar con el proceso de producción de fundas genéricas, estas posibles alternativas se examinarán mediante un análisis de costos.

En primer lugar, se detalló la justificación, los objetivos, la estructura y desarrollo de la propuesta de mejora.

En segundo lugar, se realizó el análisis económico y la comprobación de la hipótesis utilizando el software Minitab 2018.

Finalmente, las conclusiones de este capítulo.

#### **4.2. Título de la propuesta**

Propuesta de sistema de mejora continua en el proceso de producción de fundas genéricas, aplicando metodología DMAIC.

#### **4.3. Justificación**

La propuesta de un sistema de mejora continua en el proceso de producción de fundas, aplicando la metodología DMAIC para una empresa dedicada a la elaboración de fundas genéricas, surge como la necesidad de mejorar su proceso productivo, entregar producto de calidad y disminuir los costos de producción, entre otros aspectos. Por ello, se decidió aplicar un sistema de mejora continua. Garza et. al [5], definen al ciclo DMAIC como un proceso iterativo que sigue un formato estructurado y disciplinado, la realización de experimentos y su consecuente evaluación. La empresa está consiente que, a pesar de tener una alta demanda de este producto en el sector emprendedor, tener un personal operativo capacitado, no les permite garantizar a sus clientes productos totalmente de calidad, es por esta razón; que, si la propuesta de un sistema de mejora continua, aplicando la metodología DMAIC es conveniente, permitirá a la empresa aumentar la productividad y la eficiencia de la línea de producción, ingresar

al campo de la competitividad, mejorar su proceso y como tal entregar producto de calidad.

#### **4.4. Objetivos**

- Definir las acciones de mejora en el proceso de producción de fundas genéricas en base a la metodología DMAIC.
- Minimizar el costo de desperdicio de materia prima al momento de arrancar el proceso de producción.
- Aumentar la productividad del proceso de producción de fundas genéricas.

#### **4.5. Estructura de la propuesta**

En el diagnóstico de la situación actual del proceso de producción de fundas genéricas que se desarrolló en el Capítulo III, se evidencia que el principal problema es el desperdicio de materia prima al momento de arrancar con el proceso, entre sus causas se encuentran la descalibración de la máquina en el proceso de doblado y temperatura, así como de los componentes de la máquina.

La temperatura, velocidad incorrecta y el mal manejo de los parámetros del proceso son causados por la desactualización de procedimientos y guías de operación.

En el caso del incumplimiento de la rutina de mantenimiento a la máquina al momento de arrancar el proceso, se debe a que el personal operativo y de mantenimiento no se encuentra del todo capacitado.

Finalmente, las acciones correctivas se encuentran enfocados a la evaluación de los proveedores de materia prima y el uso de material reciclado.

La descalibración de la máquina, siempre sucede al momento de arrancar con el proceso de producción de fundas, esta situación permite que el personal de mantenimiento y operativo realicen un mantenimiento inesperado, así como de los componentes de la máquina.

Por lo general, existen desperdicios de materia prima al momento de arrancar el proceso que no se puede controlar.

Una vez que la máquina se encuentra calibrada en los procesos de doblez y temperatura, la materia prima sigue normalmente el proceso de producción de fundas. Sin embargo, los desperdicios de materia prima es difícil reprocesarlos puesto que, al no estar en su estado original afecta la calidad del producto.

Con las alternativas que se van a plantear, se espera minimizar el desperdicio que está ocasionando una pérdida de USD 3726 anuales, que corresponde al costo actual con el proveedor de materia prima, el mismo se detalla más adelante.

#### 4.6. Desarrollo de la propuesta

A continuación, se presentan las posibles alternativas para dar solución al problema:

**Tabla 12.** Alternativas de solución para la causa de pérdida de materia prima, al momento de arrancar con el proceso de producción de fundas genéricas.

Causa	Efectos	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
Máquina no calibrada	Incumplimiento con las rutinas de mantenimiento preventivo	Programa y cronograma de mantenimiento preventivo para la calibración de la máquina y de sus componentes	Capacitación al personal de mantenimiento y del proceso	Parametrización de calibración y temperatura para la máquina e implementar un programa de MRP (Material Requirements Planning) para la materia prima

En la Tabla 12, se detallan dos posibles alternativas A, B y C.

En la alternativa A, se considera como solución realizar un programa y cronograma de mantenimiento preventivo para la calibración de la máquina y sus componentes.

Para este caso de estudio, en la Tabla 13 se detalla la frecuencia para, realizar las operaciones de mantenimiento de la máquina selladora de fundas las cuales serán: diarias, mensuales, bimestrales y trimestrales.

**Tabla 13.** Programa diario de operación de mantenimiento para la máquina selladora de fundas genéricas.

<b>Frecuencia</b>	<b>Operación de mantenimiento</b>
Diaria	Revisión básica
	Revisión eléctrica
Mensual	Inspección
	Lubricación
	Revisión de panel de control
	Revisión del motor
	Revisión de cuchilla de corte
Bimestral	Verificación de la caja reductora de velocidad
	Revisión de la compresora
Trimestral	Cambio de correas y poleas
	Revisión de contactares

En la Tabla 13, se muestra el programa diario de operación de mantenimiento para la máquina selladora de fundas genéricas, la descripción de cada una de las operaciones se muestra a continuación:

- Revisión básica: verificar fajas desgastadas, lubricar, revisar circuitos, limpieza y revisión de las cuchillas, motor y tablero de control.
- Revisión eléctrica: verificación del tablero eléctrico de la máquina y otras partes eléctricas.
- Inspección: en que condición se encuentra los cables de la máquina selladora.
- Lubricación: se lubrica las chumaceras y las poleas de engranaje, mecanismos de la máquina selladora.
- Revisión de los paneles de control, conectores y verificar el tablero principal de la máquina que no contenga polvo ni suciedad.
- Inspección de la caja reductora de velocidad y las fajas enrolladas.

- Se revisa el motor de la máquina y la bomba si está en buenas condiciones.
- Cambio de correas o fajas de la compresora: revisar el estado óptimo de las correas o fajas.

En la Tabla 14, se refleja el cronograma de mantenimiento preventivo de la máquina selladora tales como: inspección de la máquina, revisión y lubricaciones.

**Tabla 14.** Cronograma de mantenimiento preventivo para la máquina selladora de fundas genéricas.

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO													Código: MT-RE-02 Versión:1 Página 1 de 1	
Equipo:		Máquina selladora de fundas												
Realizado por:														
Código de inventario:		092002246												
Modelo:		NCS (800)												
Tareas para ejecutar	Sábado Dia-1	Lunes Dia-2	Martes Dia-3	Miércoles Dia-4	Jueves Dia-5	Viernes Dia-6	Sábado Dia-7	Lunes Dia-8	Martes Dia-9	Miércoles Dia-10	Jueves Dia-11	Viernes Dia-12	Sábado Dia-13	
Revisión básica														
Revisión eléctrica														
Lubricación														
Inspección														
Revisión del panel eléctrico														
Revisión del tablero eléctrico														
Revisión del motor														
Cambio de correas/poleas														

En la Tabla 14, se muestra el cronograma de mantenimiento preventivo para la máquina selladora de fundas genéricas, la descripción de cada una de las operaciones se indicó anteriormente.

A continuación, en la Tabla 15 se detalla el costo anual de mantenimiento, correspondiente a la máquina selladora de fundas genéricas y sus componentes.

**Tabla 15.** Costo anual de mantenimiento de la máquina selladora de fundas genéricas y sus componentes.

Denominación	Costo USD.	Valor Agregado USD.	Costo Anual USD.
--------------	---------------	------------------------	---------------------

Máquina y sus componentes	3000	2.50	7500
<b>Total</b>			7500

En la Tabla 15, se muestra el costo de la máquina selladora y componentes y el valor agregado por kg, con estos datos se calculó el costo anual de mantenimiento que es de USD. 7500, esto representa el gasto que la empresa debe destinar para mantener esta máquina y componentes en buen estado.

### **Proyección del mantenimiento de la máquina selladora de fundas genéricas:**

En la Tabla 16, se realizó la proyección con el -1.47 %, que es la tasa de inflación anual del mes de abril del año 2021, dato registrado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

**Tabla 16.** Proyección del mantenimiento de la máquina selladora de fundas genéricas y sus componentes.

<b>Años</b>	<b>Costo Anual</b>
1	7500
2	7389.75
3	7279.5
4	7169.25
5	7059

En la Tabla 16, se muestra la proyección de mantenimiento de la máquina selladora y el costo anual de mantenimiento en una proyección de 5 años, esto permitirá a la empresa tomar decisiones y planificar un presupuesto para esta actividad.

En la alternativa B, se propone como solución realizar un programa de capacitación al personal de mantenimiento y al del proceso de producción. Con el fin, de que el personal se encuentre competente para operar la máquina.



Se recomienda dar la capacitación al personal de mantenimiento y operativo el fin de semana, especialmente el sábado, ya que de lunes a viernes se encuentran en su jornada normal de trabajo.

Cabe mencionar, que establecer un programa de mantenimiento preventivo y correctivo evitará problemas en el proceso de producción, se simplificarán los tiempos improductivos por falla mecánica de la máquina, alargará la vida útil de la máquina y mejorará la calidad de la producción.

A continuación, se presenta el detalle de los costos considerando dos posibles escenarios:

- Escenario 1:

Este escenario considera que la capacitación sea únicamente con alguna entidad externa dentro de las instalaciones de la empresa:

**Tabla 17.** Costos de capacitación del personal con una entidad externa.

<b>Detalle</b>	<b>Cantidad (Horas)</b>	<b>Costos Unitarios (USD.)</b>	<b>Costos Totales (USD.)</b>
Capacitador Externo	8	560	4480
Jefe de mantenimiento	8	3.32	26.56
Jefe de planta	8	3.32	26.56
5 operadores	8	3.32	132.8
<b>Total</b>			4665.92

En la Tabla 17, se indica el detalle de los costos de la capacitación del personal de mantenimiento y operativo con una entidad externa, en total incluyen el capacitador externo, el jefe de planta y de mantenimiento, 5 operadores (2 de mantenimiento y 3 del personal operativo), los mismos que deberán asistir un solo sábado en una jornada de 8 horas.

Los costos indirectos tales como: el sueldo de los colaboradores, los desayunos / refrigerios y almuerzos, generalmente se consideran como parte del gasto corriente de la empresa, por lo que para los dos posibles escenarios no se incluyen. Los costos unitarios son los costos de horas trabajadas.

- Escenario 2:

Este escenario considera que la capacitación sea interna aprovechando la experiencia del jefe de mantenimiento:

**Tabla 18.** Costos de capacitación del personal con el jefe de mantenimiento.

<b>Detalle</b>	<b>Cantidad (Horas)</b>	<b>Costos Unitarios (USD.)</b>	<b>Costos Totales (USD.)</b>
Jefe de mantenimiento	16	3.32	53.12
Jefe de planta	16	3.32	53.12
5 operadores	16	3.32	265.6
<b>Total</b>			<b>371.84</b>

En la Tabla 18, se indica el detalle de los costos de la capacitación del personal de mantenimiento y operativo aprovechando la experiencia del jefe de mantenimiento, en total, el jefe de planta y de mantenimiento, 5 operadores (2 de mantenimiento y 3 del personal operativo), los mismos que deberán asistir dos sábados en una jornada de 8 horas.

El costo de esta alternativa se obtiene con la diferencia entre: los costos de capacitación del personal con una entidad externa vs los costos de capacitación del personal con el jefe de mantenimiento.

Costo Alternativa = costo capacitación externa - costo jefe de mantenimiento

Costo Alternativa = USD. 4665.92 - USD. 371.84

Costo Alternativa = USD. 4292.08

El costo actual de esta alternativa sería USD. 4294.08

La alternativa C, está enfocada en la máquina selladora de fundas genéricas, deben existir procedimientos parametrizados, primero en relación con la materia prima y segundo con la máquina en el proceso de calibración de doblez y temperatura, se debe revisar correctamente sus especificaciones y realizar las correcciones pertinentes para mantener el proceso estable y eficiente.

Por lo tanto, se propone contratar un servicio de parametrización de calibración y temperatura para la máquina e implementar un programa de Planificación de los requerimientos de material (MRP, por sus siglas en inglés) para la materia prima.

A continuación, se presenta el detalle de los costos considerando la parametrización de la máquina y la implementación de un programa de MRP:

Parametrización de la máquina selladora de fundas:

La parametrización de la máquina selladora de fundas considera dos aspectos: los servicios de parametrización externa de la máquina y la capacitación del personal operativo dentro de las instalaciones de la empresa.

**Tabla 19.** Costos de servicio de parametrización de la máquina selladora de fundas con una entidad externa.

<b>Detalle</b>	<b>Cantidad (Horas)</b>	<b>Costos Unitarios (USD.)</b>	<b>Costos Totales (USD.)</b>
Servicio de parametrización	8	600	4800
<b>Total</b>			4800

En la Tabla 19, se indica el detalle de los costos del servicio de parametrización con una entidad externa, en total incluye el servicio (jefe de metrología y asistente técnico), los mismos que deberán asistir un solo sábado en una jornada de 8 horas.

En la Tabla 20, se indica el detalle de los costos de la capacitación del personal de mantenimiento con una entidad externa, en total incluyen el capacitador externo, jefe de mantenimiento y 2 operadores (mantenimiento), los mismos que deberán asistir un solo sábado en una jornada de 8 horas.

**Tabla 20.** Costos de capacitación del personal de mantenimiento en una entidad externa.

<b>Detalle</b>	<b>Cantidad (Horas)</b>	<b>Costos Unitarios (USD.)</b>	<b>Costos Totales (USD.)</b>
Capacitador Externo	8	700	5600
Jefe de mantenimiento	8	3.32	26.56
2 operadores	8	3.32	53.12
<b>Total</b>			<b>5679.68</b>

El costo de esta alternativa se obtiene con la diferencia entre los costos de servicio de parametrización vs. los costos de capacitación del personal con una entidad externa.

Costo Alternativa = costo de servicio + costo de capacitación

Costo Alternativa = USD. 4800 + USD. 5679.68

Costo Alternativa = USD. 10479.68

El costo actual de esta alternativa sería USD. 10479.68

- Implementación de un programa de MRP:

Este aspecto está relacionado a la materia prima, un MRP determina qué, cuándo y cuánto producir. La implementación del sistema MRP comienza con el pedido del cliente y finaliza con la producción del producto correspondiente.

Existen MRP de cualquier costo, desde baratos hasta caros e incluso gratis. Sin embargo, la alta dirección deberá decidir cuál de los MRP cumple con las expectativas y necesidades de la empresa.

Otra alternativa que la empresa debería llegar a implementar a futuro es el cambio de proveedor de materia prima, es decir, obtener una materia prima de la misma calidad, pero a menor costo.

Actualmente la empresa adquiere la materia prima de la ciudad de Quito, del proveedor BOPP del Ecuador a USD. 6.00 por cada kg de materia prima y en comparación con el nuevo proveedor Kinlead a USD. 3.00 por cada kg de materia prima.

- Costos con el actual proveedor de materia prima:

Costo Actual = Costo de materia prima x kg de materia prima

Costo Actual = USD. 6.00 x 621 kg

Costo Actual = USD. 3726

- Costos con el posible proveedor de materia prima:

Costo Nuevo Proveedor = costo de materia prima x kg de materia prima

Costo Nuevo Proveedor = USD. 3.00 x 621 kg

Costo Nuevo Proveedor = USD. 1863

El costo de esta alternativa se obtiene con la diferencia entre el costo actual vs. el costo del nuevo proveedor

Costo Alternativa = Costo Actual - Costo Nuevo Proveedor

Costo Alternativa = USD. 3726 - USD. 1863

Costo Alternativa = USD. 1863

El costo actual de esta alternativa sería USD. 1863

#### **4.7. Análisis económico**

A continuación, se detallan, el análisis de costos de las tres alternativas propuestas:

##### **Alternativa A:**

Proyecto de Ahorro = Costo anual de mantenimiento - valor de proyección

Proyecto de Ahorro = USD. 7500 - USD. 7389.75

Proyecto de Ahorro = USD. 110.25

$$\% \text{ ahorro} = \frac{\text{proyecto de ahorro}}{\text{costo de mantenimiento anual}} \times 100$$

$$\% \text{ ahorro} = \frac{\text{USD. 110.25}}{\text{USD. 7500}} \times 100$$

$$\% \text{ ahorro} = 1.47 \%$$

Al realizar la resta del valor del mantenimiento del año 2020 y el valor de la proyección el resultado es USD. 110.25; el cual la empresa se podría ahorrar una vez establecido el plan de mantenimiento preventivo. Dicho valor representa la reducción del 98.53 % de mantenimientos correctivos y 1.42 % de mantenimientos preventivos.

Si el plan de mantenimiento preventivo alcanza los resultados esperados, se podrá reducir el número de mantenimientos correctivos y así mismo el costo de inversión para los mismos. Posteriormente, la carga laboral disminuiría ya que se tendría control total ajustando a los activos de la empresa sin alterar la producción y sin requerir tiempos extra de la jornada de trabajo.

### **Alternativa B:**

Sería indispensable que la empresa coordine capacitaciones externas e internas. La capacitación externa permitirá a los colaboradores aumentar sus conocimientos y la interna aumentará las habilidades de ciertas actividades específicas.

Posteriormente, con la comparación de costos realizada, se recomienda utilizar la opción del escenario 2, pues es la que mejor se adapta al programa de capacitación del personal, con un costo de USD. 371.84 lo que representa un costo por operador de USD. 265.6. Con esta alternativa, se espera una mejora en la rentabilidad de la empresa y en corto plazo contar con el personal operativo capacitado.

### **Alternativa C:**

Sería importante que la empresa coordine el servicio de parametrización para la máquina de sellado de fundas genéricas. Esto logrará el máximo rendimiento y productividad asegurando la calidad en el proceso de calibración de doblez y temperatura.

Adicionalmente, la implementación de un MRP permitirá, conocer la cantidad de materia prima que intervendrá en cualquier volumen de producción, tanto las fechas, como las horas, en las que cada una de estas materias primas deba comprarse o fabricarse para cumplir con las fechas de vencimiento establecidas para los diferentes productos terminados.

Posteriormente, la comparación de costos entre el servicio de parametrización de la máquina, la capacitación del personal de mantenimiento y la compra legal de un MRP puede implicar un gasto alto, pero a corto y mediano plazo, puede solucionar los desperdicios de materia prima, al momento de arrancar con el proceso de producción de fundas genéricas.

#### **4.8. Comprobación de la hipótesis**

La hipótesis para evaluar la relación entre la aplicación de la metodología DMAIC y la producción de fundas genéricas, fue planteada de la siguiente forma:

##### **Variable Independiente**

- ✓ Sistema de mejora continua, utilizando la metodología DMAIC.

##### **Variable Dependiente**

- ✓ Producción de fundas genérica.

**H<sub>0</sub>:** La propuesta de un sistema de mejora continua, utilizando la metodología DMAIC, no incrementa la producción de fundas genéricas.

**H<sub>a</sub>:** La propuesta de un sistema de mejora continua, utilizando la metodología DMAIC, incrementa la producción de fundas genéricas.

Para la comprobación de la hipótesis, se utilizó ANOVA de un solo factor comparando la eficacia, eficiencia y productividad. A continuación, los resultados:

**Tabla 21.** Análisis de Varianza

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>Suma de Cuadrados Ajustados</b>	<b>Medios Cuadrados Ajustados</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Factor	2	232.6	116.28	3.33	0.106
Error	6	209.5	34.91		
Total	8	442.0			

En la Tabla 21, se indica el dato de p-valor, a un nivel de confianza del 95% y un valor de alfa de 0.05, utilizando la prueba de Tukey para lo cual se utilizó el software Minitab en su versión 2018.

De acuerdo, con el p-valor de la interacción entre eficacia, eficiencia y productividad al ser mayor que Alpha, significa, que se acepta la hipótesis nula, es decir, se acepta que la propuesta de un sistema de mejora continua, utilizando la metodología DMAIC, no incrementa la producción de fundas genéricas. Está interacción no es significativa, por lo tanto, no influye en el proceso de producción.

A continuación, en la Tabla 22, se detalla el resumen del modelo:

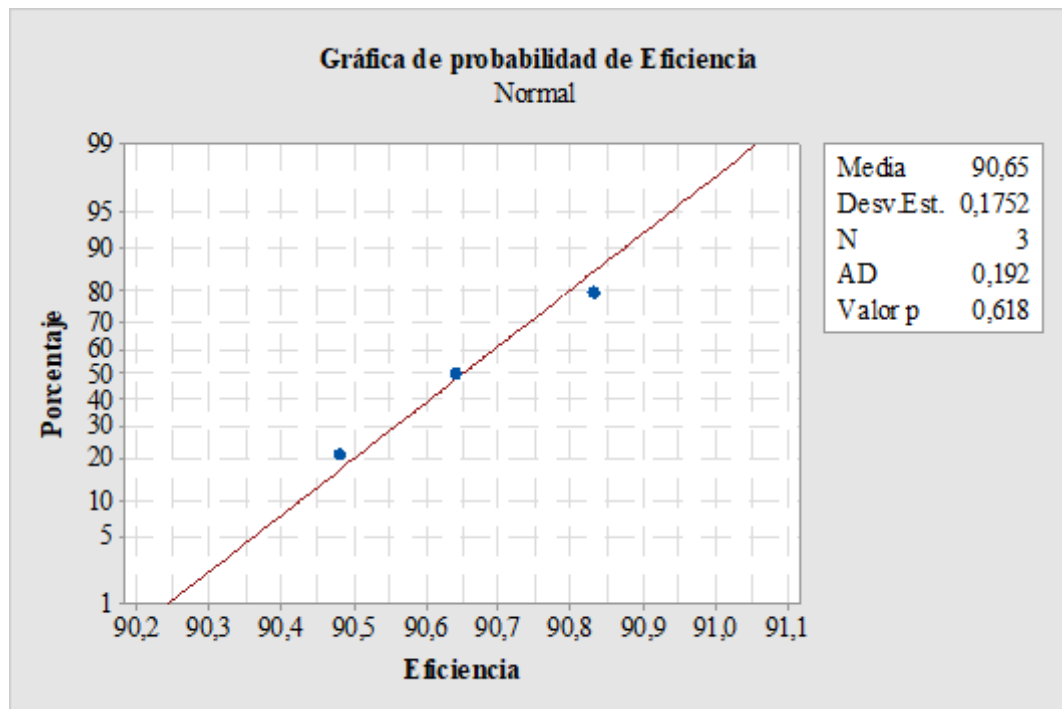
**Tabla 22.** Resumen del modelo

<b>S</b>	<b>R-cuadrado</b>	<b>R-cuadrado (ajustado)</b>	<b>R-cuadrado (pred)</b>
5.90872	52.61%	36.81%	0.00%

En los resultados de la Tabla 22, tanto el  $R^2$  como el  $R^2$  ajustado no están cerca de 100, lo que indica que el modelo no se ajusta adecuadamente a los datos.

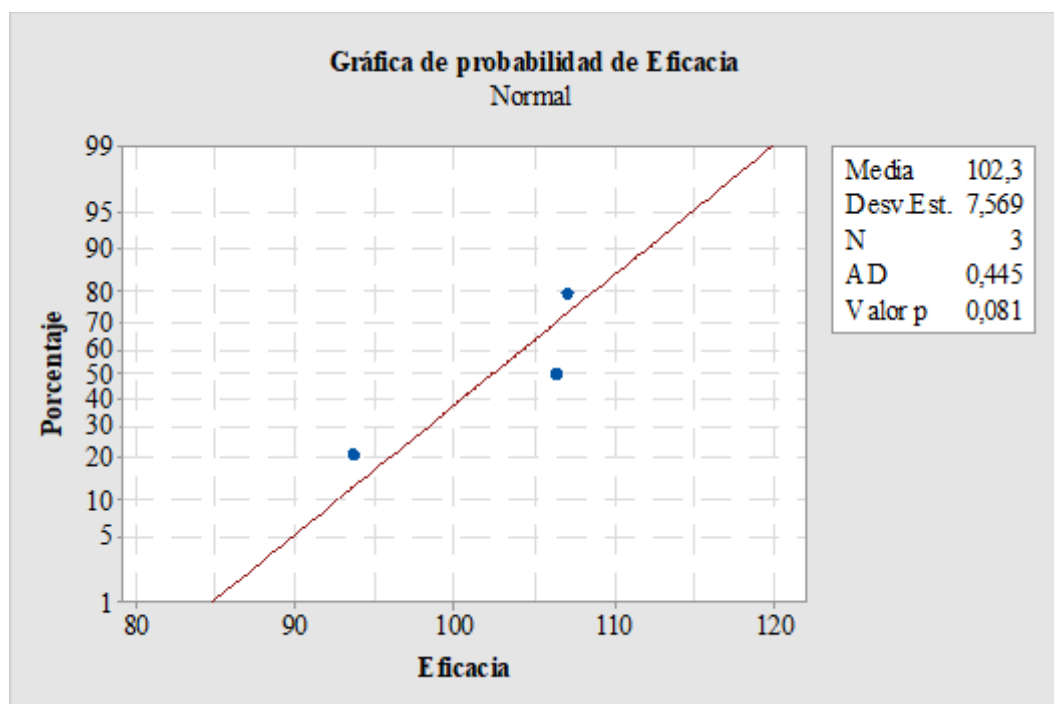
En las Figuras 12, 13 y 14, se muestran gráficas individuales de la probabilidad de normalidad de eficiencia, eficacia y productividad, en el cuadro derecho de cada gráfica se presentan los resultados.





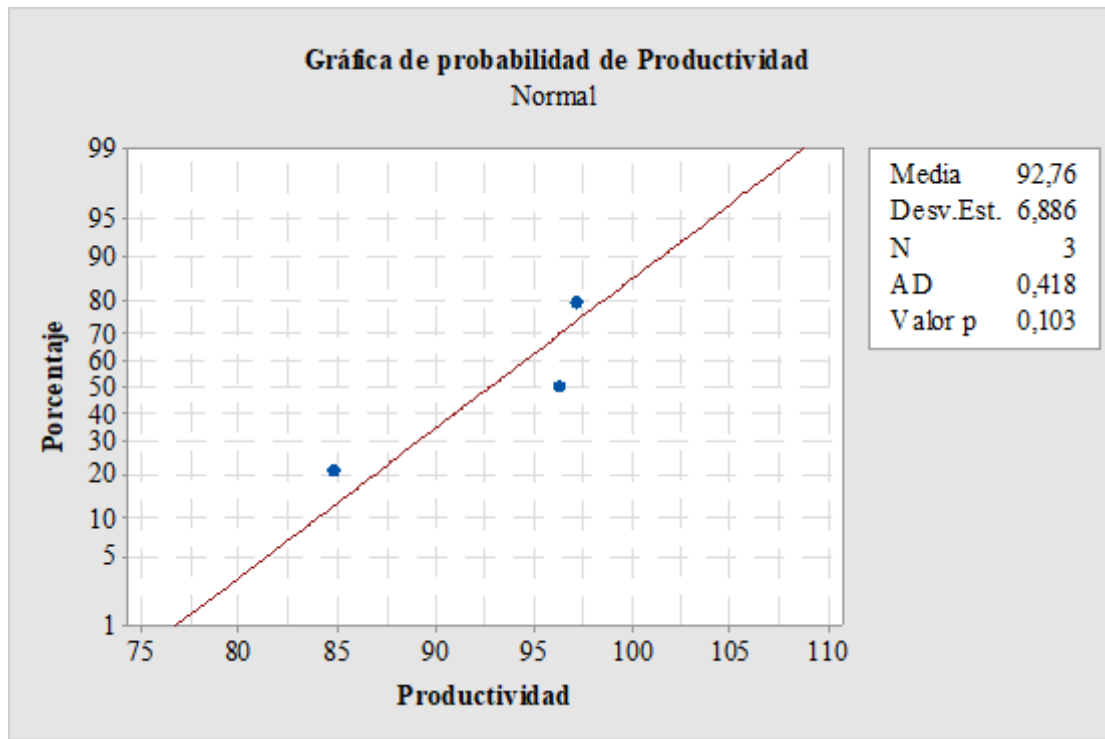
**Figura 12.** Gráfica de probabilidad de Normalidad de Eficiencia

En los resultados de la Figura 12, la hipótesis nula indica que los datos siguen una distribución normal. Puesto que el valor p es 0.618, que es mayor que el nivel de significancia de 0.05, la decisión es que no se puede rechazar la hipótesis nula.



**Figura 13.** Gráfica de probabilidad de Normalidad de Eficacia

En los resultados de la Figura 13, la hipótesis nula indica que los datos siguen una distribución normal. Puesto que el valor p es 0.081, que es mayor que el nivel de significancia de 0.05, la decisión es que no se puede rechazar la hipótesis nula.

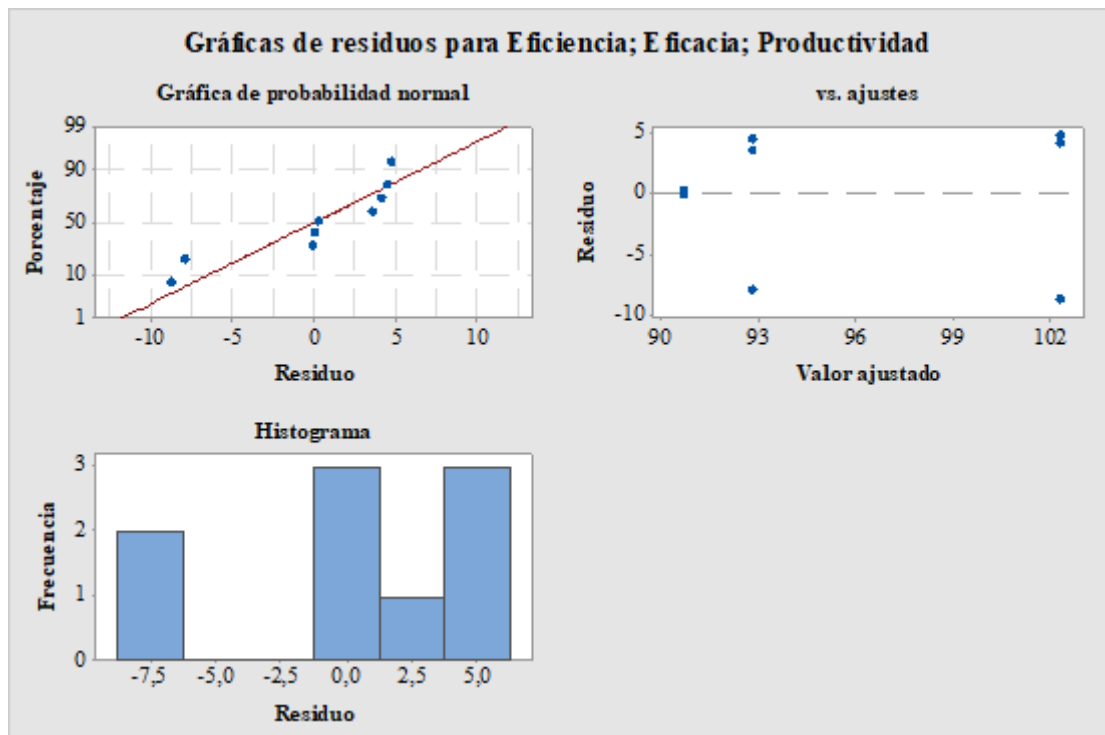


**Figura 14.** Gráfica de probabilidad de Normalidad de Productividad

En los resultados de la Figura 14, la hipótesis nula indica que los datos siguen una distribución normal. Puesto que el valor p es 0.103, que es mayor que el nivel de significancia de 0.05, la decisión es que no se puede rechazar la hipótesis nula.

Los resultados de cada figura individual se corroboran con los datos de la Tabla 19 y se llega a la conclusión de que se acepta la hipótesis nula.

En la Figura 15, se observa las gráficas de residuos para eficiencia, eficacia y productividad para establecer el ajuste de recta de regresión por mínimos cuadrados.

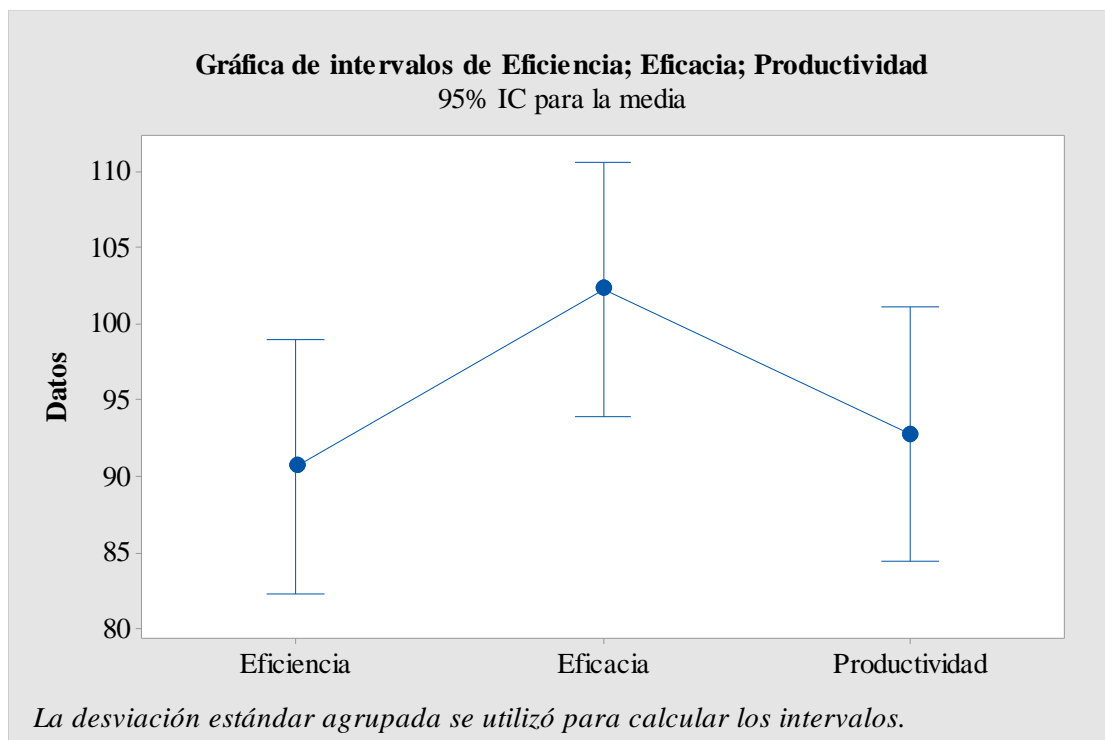


**Figura 15.** Gráficas de residuos para eficiencia, eficacia y productividad

En la gráfica de probabilidad normal, se encuentra la interacción de los tres factores: eficacia, eficiencia y productividad, los mismos que también se los pueden observar de mejor manera en las gráficas individuales, sin embargo, los datos forman una casi recta a lo largo de la línea. Por lo que, la distribución normal parece ajustarse apropiadamente a los datos.

En la gráfica de residuos vs ajustes, se observan dos puntos mucho más largos que los otros puntos. Por lo tanto, estos puntos son valores atípicos. Como solo son dos puntos atípicos, el modelo puede ser aceptable.

Un histograma es más confiable cuando se tiene aproximadamente 20 o más puntos de datos. En este caso, la muestra es demasiado pequeña, entonces cada barra en el histograma no contiene suficiente información de puntos de datos para, de manera confiable mostrar asimetría o valores atípicos.



**Figura 16.** Gráfica de intervalos de eficiencia, eficacia y productividad.

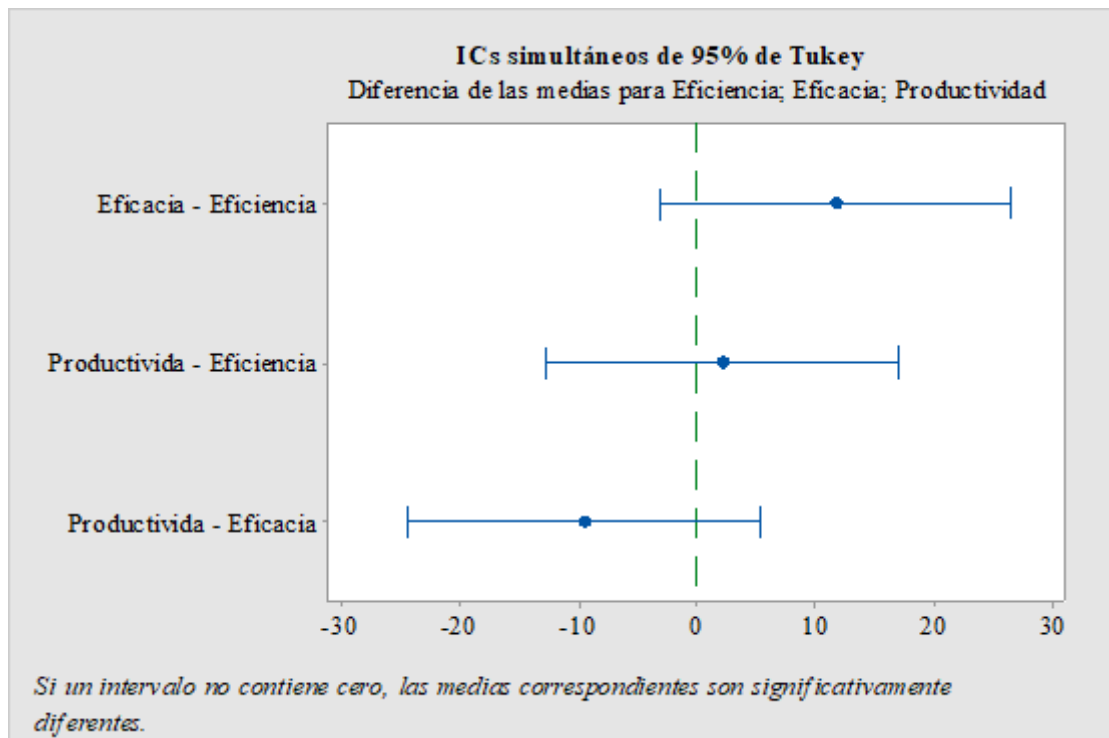
En la Figura 16, se observa que la eficacia es mayor que la eficiencia y productividad, tales resultados se pueden estimar con los valores de medias de cada factor, a un intervalo de confianza de 95 % como se detalla en la Tabla 20.

**Tabla 23.** Tabla de medias de cada factor a un IC de 95 %

<b>Factor</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>IC de 95%</b>
Eficiencia	3	90.650	0.175	(82.303; 98.997)
Eficacia	3	102.33	7.57	(93.99; 110.68)
Productividad	3	92.76	6.89	(84.42; 101.11)

*Desviación estándar agrupada = 5.90872*

En la Tabla 23, se observa y se confirma que la media de la eficacia es mayor que de la eficiencia y productividad.



**Figura 17.** Diferencia de las medias para eficiencia, eficacia y productividad.

De acuerdo con la Figura 17, se puede observar que el factor de productividad - eficacia se encuentran un poco lejos de la línea central, por lo que indica que son diferentes en comparación con los otros factores.

#### 4.9. Conclusiones del capítulo

En este capítulo, se detalló la propuesta de un sistema de mejora continua, aplicando la metodología DMAIC:

Esta propuesta nace como la necesidad de mejorar el proceso productivo, proponer alternativas para minimizar el costo de producción y aumentar la productividad del proceso de producción de fundas genéricas. Es así, como después de analizar la situación actual de la empresa mediante la metodología DMAIC, se estableció tres posibles alternativas para dar solución al problema de pérdida de materia prima, al momento de arrancar con el proceso de producción, así como el análisis de sus costos. Posteriormente, se comprobó la hipótesis comparando los indicadores de eficacia, eficiencia y productividad utilizando el valor de p-valor, dicho cálculo fue realizado en el software Minitab 2018, dando como conclusión que se acepta la hipótesis nula,

es decir, se acepta que la propuesta de un sistema de mejora continua, utilizando DMAIC, no incrementa la producción de fundas genéricas.

## CONCLUSIONES

A continuación, se detallan, las principales conclusiones, que se han determinado durante el desarrollo de este proyecto:

- Se desarrolló una propuesta de un sistema de mejora continua, en el proceso de producción de fundas genéricas, aplicando la metodología DMAIC, donde la principal merma de productividad es, la pérdida de materia prima al momento de arrancar con el proceso de producción y cuya propuesta sería parametrizar la máquina, capacitar al personal de mantenimiento y operativo e implementar un MRP para la materia prima.
- Se utilizó la metodología DMAIC, para conocer el diagnóstico de la situación actual del proceso de producción de fundas genéricas:
  - Primero, se definió la principal merma, la cual es la pérdida de materia prima al momento de arrancar con el proceso de producción y los indicadores de productividad (eficacia y eficiencia).
  - Segundo, se midió la eficiencia, eficacia y productividad, así como la capacidad del proceso  $C_p$  y la capacidad real del proceso  $C_{pk}$ .
  - Tercero, se analizó los momentos y prioridades de causas de pérdida de materia prima, el principal momento la máquina, la causa la calibración de dobléz y temperatura y los componentes de la máquina con una prioridad 1.
  - Cuarto, se mejoró las acciones pertinentes para el proceso de producción, dando posibles soluciones como: mantenimiento preventivo y correctivo, actualización de procedimientos y guías de operación, capacitación al personal de mantenimiento y operativo y acciones correctivas de proveedores.
  - Quinto, se propone controlar las acciones pertinentes, con la finalidad de que dichas acciones se mantengan con el tiempo.
- Se elaboró un análisis costo/beneficio, de la propuesta del sistema de mejora continua:

- En la alternativa A, se considera realizar un programa y cronograma de mantenimiento preventivo para la calibración de la máquina y sus componentes, esto representa un costo anual de USD. 7500.
  - En la alternativa B, se considera la capacitación del personal de mantenimiento y operativo, tomando en cuenta dos escenarios. El primer escenario, es una capacitación externa dando un costo de USD. 4665.92 y el segundo escenario, es una capacitación interna con el jefe de mantenimiento, dando un costo de USD. 371.84. Se espera que, con cualquier decisión de los escenarios, se mejore la rentabilidad de la empresa y en corto plazo contar con el personal operativo capacitado.
  - En la alternativa C, se propone contratar un servicio de parametrización de calibración y temperatura para la máquina selladora e implementar un programa de MRP (Material Requirements Planning) para la materia prima. La parametrización abarca dos aspectos: primero la máquina y segundo la capacitación del personal por una entidad externa, dando un costo de USD. 10479.68 y el programa de MRP, enfocada en la materia prima que dependerá de las necesidades de la empresa.
- Mediante el uso de Minitab 2018, se examinó y se analizó los indicadores del proceso:
- ✓ Eficiencia en función del % desperdicio, dando un total de 90.65 % concluyendo que, el proceso es moderadamente eficiente puesto que, se desperdicia en total 63.8 kg de materia prima al momento de arrancar con el proceso,
  - ✓ Eficacia en función del % cumplimiento, dando un total 102 % concluyendo que, el proceso es muy eficaz porque existe un cumplimiento de pedidos de 6000 kg de fundas genéricas, pero provocando un desperdicio de 63.8 kg de materia prima y
  - ✓ Productividad en relación de la eficiencia y eficacia dando un total de 92.76 % concluyendo que el proceso es ineficiente ya que los costos no se recuperan y existen pérdidas de capital invertido.



## RECOMENDACIONES

A continuación, se detallan, las recomendaciones, que se han determinado durante el desarrollo de este proyecto:

- De las tres alternativas, las dos primeras implican un costo bajo, sin embargo, no se estaría atacando el problema de “pérdida de materia prima al momento de arrancar con el proceso de producción de fundas”, de la tercera alternativa implica un costo alto, pero se podrá disminuir el % de desperdicio. Cualquiera de las tres alternativas que escoja la empresa se recomienda primeramente implementar un software de MRP que, permita interactuar con el de control de inventarios para poder comparar el consumo de materias primas. Un buen software de MRP permitirá aumentar la productividad y como tal mejorará la rentabilidad.
- Se recomienda prestar atención a las variaciones de: productividad, eficiencia y eficacia al momento de hacer cambios con la materia prima o cambio de proveedor, a su vez monitorear y controlar el peso de materia prima midiendo permanente el  $C_p$ .
- Se recomienda que, la calibración de la máquina selladora se enfoque con el peso real de la materia prima puesto que, al momento de realizar el análisis de  $C_p$  este se sitúe entre el rango inferior y objetivo, si es así, se puede decir, que el proceso es más liviano y rápido y por lo tanto no habría tanto % desperdicio y existiría una mayor rentabilidad.
- En el caso de comprar cualquier tipo de maquinaria / equipo, se recomienda que sea completamente automático, esta sería una muy buena opción ya que incrementa la productividad y la eficiencia del proceso de producción

## REFERENCIAS

- [1] J. d. M. Mast y J. Lokkerbol, "An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving," *Elsevier*, vol. 139, pp. 604-614, 2012.
- [2] R. Henao, W. Sarache y I. Gómez, "Lean manufacturing and sustainable performance: Trends and future challenges," *Journal of Cleaner Production*, vol. 208, pp. 99-116, 2019.
- [3] A. Nassereddine y A. Wehbe, "Competition and resilience: Lean manufacturing in the plastic industry in Lebanon," *Arab Economic and Business Journal*, vol. 13, pp. 179-189, 2018.
- [4] J. Mbogo, "Factors for Effective Implementation of Lean Manufacturing Practice in Selected Industries in Tanzania," *Procedia Manufacturing*, vol. 33, pp. 351-358, 2019.
- [5] R. C. Garza - Ríos, C. N. Gonzalez - Sánchez, E. L. Rodríguez - Gonzalez y C. M. Hernández - Asco, "Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio," *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa*, n° 22, pp. 19-35, 2016.
- [6] L. Buitron-Lopez, G. Viacava-Campos, J. Eyzaguirre-Munarriz y C. Raymundo-Ibanez, "Lean Manufacturing model based on the Deming cycle and developed in Gantt to increase efficiency in plastic companies," *Scopus*, n° 8976984, 2019.
- [7] A. Boon Sin, S. Zailani, I. Mohammad y T. Ramayah, "Structural equation modelling on knowledge creation in Six Sigma DMAIC project and its impact on organizational performance," *Elsevier*, vol. 168, pp. 105-117, 2015.
- [8] M. Smętkowska y B. Mrugalska, "Using Six Sigma DMAIC to Improve the Quality of the Production Process: A Case Study," *Elsevier*, vol. 238, pp. 590-596, 2018.
- [9] A. Realyvásquez-Vargas, K. C. Arredondo-Soto, T. Carrillo-Gutiérrez y G. Ravelo, "Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) Cycle to Reduce the Defects in the Manufacturing Industry. A Case Study," *Applied Sciences*, vol. 8, n° 11, 2018.
- [10] R. Titmarsh, F. Assad y R. Harrison, "Contributions of lean six sigma to sustainable manufacturing requirements: an Industry 4.0 perspective," *Elsevier*, pp. 589-593, 2020.
- [11] T. Costa, F. Silva y L. Pinto Ferreira, "Improve the extrusion process in tire production using Six Sigma methodology," *Elsevier*, vol. 13, pp. 1104-1111, 2017.

- [12] J. E. M. Moscoso Chaparro y A. J. Yalan Reyes, Artists, *Mejora de la Calidad en el proceso de fabricación de plásticos flexibles de la empresa Marplast utilizando six sigma basado en la metodología DMAIC*. [Art]. Escuela profesional de Ingeniería Industrial, 2013.
- [13] Estructura y estatuto orgánico ministerio industrias y productividad, “Ministerio Industrias y Productividad,” 10 02 2017. [En línea]. Available: [https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento\\_Estatuto-Org%C3%A1nico-Procesos-Mipro.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Estatuto-Org%C3%A1nico-Procesos-Mipro.pdf). [Último acceso: 12 01 2021].
- [14] V. Ramakrishnan, J. Jayaprakash , C. Elanchezhian y B. Vijaya Ramnath , “Implementation of Lean Manufacturing in Indian SMEs-A case study,” *Elsevier*, vol. 16, pp. 1244-1250, 2019.
- [15] B. S. Ang , S. Zailani, M. Iranmanesh y T. Ramayah, “Structural equation modelling on knowledge creation in Six Sigma DMAIC project and its impact on organizational performance,” *Elsevier*, vol. 168, pp. 105-117, 2015.
- [16] M. Betlloch, R. R. Sapena, C. A. García y J. Pascual-Ramírez, “Implantación y desarrollo de un sistema integrado de gestión de calidad según la norma ISO 9001:2015 en un Servicio de Dermatología,” *Academia Española de Dermatología y Venereología*, vol. 110, pp. 92-101, 2018.
- [17] E. Navas Cuenca, *Gestión y Evaluación Medioambiental (ISO14000:2015)*, España: ECB, 2017.
- [18] C. C. Orozco Bedoya, “Balance Scorecard: Una introducción al cuadro de mando integral como sistema de gestión estratégica IT del área de investigación de la Corporación Universitaria Americana,” *Journal of Engineering and Technology*, vol. 3, n° 1, 2014.
- [19] V. Vega Falcón y D. K. Lluglla Jácome, “El Balanced scorecard como herramienta de gestión organizacional,” *Ecociencia*, vol. 6, n° 2, 2019.
- [20] G. Roncancio, “Pensemos,” Pensemos, 03 01 2019. [En línea]. Available: <https://gestion.pensemos.com/7-indicadores-de-la-perspectiva-financiera-del-balanced-scorecard>. [Último acceso: 27 10 2020].
- [21] loginplast, “PET-Tereftalato de Polietileno,” Barcelona, 2018.
- [22] R. R Cobos, “El polietilén tereftalato (PET) como envase de aguas minerales,” *Bol Soc Esp Hidrol Méd* , vol. 31, n° 2, pp. 179-190, 2016.
- [23] O. F. García Aponte, B. M. Vallejo Díaz y M. H. Claudia Elizabeth, “La calidad desde el diseño: principios y oportunidades para la industria farmacéutica,” *Estudios Gerenciales*, vol. 31, n° 134, pp. 68-78, 2015.

- [24] G. Mejía Córdova, “Pérdida de productividad en el lugar de trabajo relacionada con el estrés financiero,” *Journal of Behavior, Health & Social Issues*, vol. 8, n° 2, pp. 25-34, 2016.
- [25] F. A. Bribiescas Silva y E. García Uribe, “Optimización de la productividad en la industria de plásticos en CD. Juárez,” *Revista Internacional Administración y Finanzas*, vol. 4, p. 2, 2011.
- [26] J. Á. García, M. Vila Alonso, J. A. Fraiz Brea y M. d. I. C. d. Río Rama, “Relación entre herramientas y factores críticos de calidad,” *Elsevier*, vol. 23, pp. 82-97, 2014.
- [27] A. M. Andrade, C. A. Del Río y D. L. Alvear, Artists, *Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado*. [Art]. Universidad de Otavalo, Carrera de Administración de Empresas, Otavalo-Ecuador, 2019.
- [28] E. F. Novillo Maldonado., E. X. González Ramón., D. Quinche Labanda. y V. E. Salcedo Muñoz, Artists, *Herramientas de la calidad: estudio de caso Universidad Técnica de Machala.*. [Art]. Asesorías y Tutorías para la Investigación Científica. Toluca, Estado de México, 2017.
- [29] Y. Portuondo Paisan y J. Portuondo Moret, “La repetibilidad y reproducibilidad en el aseguramiento de la calidad de los procesos de medición,” *Tecnología Química*, n° 2, pp. 117-121, 2010.
- [30] R. Carro Pazo y D. González Gómez, “conexiónesan,” conexiónesan, 17 04 2017. [En línea]. Available: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2017/04/el-control-estadistico-de-procesos/>. [Último acceso: 29 07 2021].
- [31] A. Cajal, “lifer,” lifeder, 10 01 2020. [En línea]. Available: <https://www.lifeder.com/prueba-de-tukey/>. [Último acceso: 28 07 2021].
- [32] C. Hernández Pedrera y F. Da Silva Portofilipe, “Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad,” *Scielo*, vol. 36, n° 1, 2016.
- [33] J. S. Quintero, “Propuesta de indicadores de calidad para la autoevaluación y acreditación de programas universitarios en administración,” *UNIVERSIDAD ICESI*, vol. 30, pp. 419-429, 2014.
- [34] E. Delgado, “SPC Consulting Group,” SPC Consulting Group, 14 03 2016. [En línea]. Available: <https://spcgroup.com.mx/que-es-cp-y-cpk/>. [Último acceso: 29 07 2021].
- [35] A. R. Jalalvand, M. Roushani, H. C. Goicoechea, D. N. Rutledge y H.-W. Gu, “MATLAB in electrochemistry: A review,” *Elsevier*, vol. 194, pp. 205-225, 2019.

- [36] P. Cabrera, H. Lund, J. ZinckThellufsen y P. Sorknæs, “The MATLAB Toolbox for EnergyPLAN: A tool to extend energy planning studies,” *ELSEVIER*, vol. 191, 2020.
- [37] P. López - Roldán y S. Fachelli, *Metodología de la Investigación Social Cuantitativa*, España: Universidad Autónoma de Barcelona, 2015.
- [38] J. A. Díaz Lozada y R. Días Fuentes, “Los métodos de resolución de problemas y el desarrollo del pensamiento matemático.,” *BOLEMA, Río Blanco*, vol. 32, n° 60, pp. 57-74, 2018.
- [39] A. Oviedo Barandiaran, *Sistemas de Gestión de la Calidad*, México: México, 2012.
- [40] E. H. Arias-Nava , J. A. Vázquez-López, A. J. Ríos-Lira y . R. Pérez-González, “Estudio comparativo entre los enfoques de diseño experimental robusto de Taguchi y tradicional en presencia de interacciones de control por control,” *Ingeniería Investigación y Tecnología*, vol. 16, n° 1, pp. 131-142, 2015.
- [41] C. Q. Tancara, “La investigación documental,” *Scielo Bolivia*, n° 17, pp. 91-106, 2020.
- [42] lifeder.com, “lifeder.com,” lifeder.com, [En línea]. Available: <https://www.lifeder.com/investigacion-de-campo/>. [Último acceso: 28 03 2021].
- [43] R. Hernandez Sampieri , C. Fernandez Collado y P. Baptista Lucio, *Metodología de la Investigación*, México: McGraw-Hill. Interamericana, 2014.
- [44] G. M. Jaime-Mirabal y D. Ladino-Luna, “ El Método Científico como Alternativa Didáctica de Educación en Valores para Escuelas de Ingeniería,” *SCielo*, vol. 11, pp. 3-10, 2018.
- [45] Significados, “Significados,” Significados, 10 12 2019. [En línea]. Available: <https://www.significados.com/metodo-deductivo/>. [Último acceso: 28 03 2021].
- [46] B. J. Prieto Castellanos , “El uso de los métodos deductivo e inductivo para aumentar la eficiencia del procesamiento de adquisición de evidencias digitales,” *Pontificia Universidad Javeriana, Colombia*, 2017.
- [47] M. E. Raffino, “Concepto.de,” Concepto.de, 25 09 2020. [En línea]. Available: <https://concepto.de/entrevista/>. [Último acceso: 19 03 2021].
- [48] C. Barros Bastida y R. Barros Morales, “Los medios audiovisuales y su influencia en la educación desde alternativas de análisis,” *Universidad y Sociedad*, vol. 7, n° 3, 2015.
- [49] Metrics Mexico, “Metrics Mexico,” Metrics Mexico, 04 02 2019. [En línea]. Available: <https://metricsmexico.com/inspeccion-de-calidad-en-un-producto/>. [Último acceso: 20 03 2021].

- [50] E. Villavicencio-Caparó, E. Torracchi-Carrasco, M. d. C. Pariona-Minaya y M. C. Alvear-Córdova, “¿Cómo plantear las variables de una investigación?: Operacionalización de las variables,” *OACTIVA*, vol. 4, n° 1, pp. 9-14, 2019.

## ANEXOS

### ANEXO I Tabla de letras de código para el tamaño de la muestra (MILITARY STANDAR)

**TABLA MILITARY STANDAR**

Tamaño de lote	Niveles de inspección especiales				Niveles de inspección generales		
	S1	S2	S3	S4	I	II	III
<b>2 a 8</b>	A	A	A	A	A	A	A
<b>9 a 15</b>	A	A	A	A	A	A	A
<b>16 a 25</b>	A	A	A	B	B	C	D
<b>25 a 50</b>	A	B	B	C	C	D	E
<b>51 a 90</b>	B	B	C	C	C	E	F
<b>91 a 150</b>	B	B	C	D	D	F	G
<b>151 a 280</b>	B	C	D	E	E	G	H
<b>281 a 500</b>	B	C	D	E	F	H	J
<b>501 a 1200</b>	C	C	E	F	G	J	K
<b>1201 a 3200</b>	C	D	F	G	H	K	L
<b>3201 a 10000</b>	C	D	F	G	J	L	M
<b>10001 a 35000</b>	C	D	F	H	K	M	N
<b>35001 a 150000</b>	D	E	G	J	L	N	P
<b>150001 a 500000</b>	D	D	G	J	M	P	Q
<b>500001 y más</b>	D	E	H	K	N	Q	R

<b>A</b>	2	<b>J</b>	80
<b>B</b>	3	<b>K</b>	125
<b>C</b>	6	<b>L</b>	200
<b>D</b>	8	<b>M</b>	315
<b>E</b>	13	<b>O</b>	500
<b>F</b>	20	<b>P</b>	800
<b>G</b>	32	<b>Q</b>	1250
<b>H</b>	60	<b>R</b>	2000

**ANEXO II Reglas para la evaluación de indicadores de eficacia, eficiencia y productividad**

<b>Eficacia</b>		<b>Eficiencia</b>		<b>Productividad</b>
$\% \text{ Cumplimiento} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Unidades planificadas}} \times 100$		$\% \text{ Desperdicio} = \frac{\text{Materia prima utilizada}}{\text{Materia prima programada}} \times 100$		$\% \text{ Productividad} = \frac{\% \text{ Desperdicio} \times \% \text{ Cumplimiento}}{100}$
<b>Rangos</b>	<b>Calificación</b>	<b>Rangos</b>	<b>Calificación</b>	<b>Calificación</b>
0 – 20 % 21 – 40 % 41 – 60 %	Ineficaz	0 < % Desperdicio < 80 %	Ineficiente	P = 100 % Todos los costos para producir son iguales a los ingresos generados por las ventas de fundas genéricas, no hay pérdidas ni ganancias
61 – 80 % 81 – 90 %	Moderadamente eficaz	80 % < % Desperdicio < 100 %	Moderadamente Eficiente	P > 100 % Hubo un uso eficiente de los elementos de producción, se obtienen ganancias y retorno del capital
> 90 %	Muy eficaz	% Desperdicio = 100 %	Muy eficiente	P < 100 % Uso ineficiente de los elementos de producción, los costos no se recuperan con las ventas de fundas genéricas, hay pérdidas de capital invertido



**ANEXO III Tabla de  $C_p$  del proceso**

<b><math>C_p</math></b>	<b>Categoría del proceso</b>	<b>Descripción del proceso</b>
$C_p \geq 2$	World Class	Seis Sigma
$1.33 \leq C_p \leq 2$	1	Adecuado
$1 \leq C_p < 1.33$	2	Requiere control estricto
$0.67 \leq C_p < 1$	3	Requiere modificaciones serias
$C_p < 0.67$	4	No adecuado

**Nota:** Suponiendo un proceso centrado (sin sesgos), el índice  $C_p$  deberá ser mayor o igual a 1,33 para que pueda ser considerado como adecuado y mayor a 2 para que sea de Clase Mundial.

**ANEXO IIV Cronograma de mantenimiento preventivo para la máquina selladora de fundas genéricas.**

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO													Código: MT-RE-02 Versión: 1 Página 1 de 1	
<b>Equipo:</b>			Máquina selladora de fundas											
<b>Realizado por:</b>														
<b>Código de inventario:</b>			092002246											
<b>Modelo:</b>			NCS (800)											
Tareas para ejecutar	Sábado	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	
	Día-1	Día-2	Día-3	Día-4	Día-5	Día-6	Día-7	Día-8	Día-9	Día-10	Día-11	Día-12	Día-13	
Revisión básica														
Revisión eléctrica														
Lubricación														
Inspección														
Revisión del panel eléctrico														
Revisión del tablero eléctrico														
Revisión del motor														
Cambio de correas/poleas														