

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**LEAN SIX SIGMA EN LA INDUSTRIA DE EMPAQUES  
FLEXIBLES: OPTIMIZAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN y  
MEJORAR LA CALIDAD DE PLÁSTICOS**

**María Emilia Araujo Zambrano  
Matías Enrique Bravo Castillo**

**Ingeniería Industrial**

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito  
para la obtención del título de  
Ingeniero Industrial

Quito, 7 de diciembre de 2022

# **UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

## **HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**LEAN SIX SIGMA EN LA INDUSTRIA DE EMPAQUES FLEXIBLES:  
OPTIMIZAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN y MEJORAR LA  
CALIDAD DE PLÁSTICOS**

**María Emilia Araujo Zambrano**

**Matías Enrique Bravo Castillo**

**Nombre del profesor, Título académico**

**Danny Orlando Navarrete Chávez, M.Sc.**

Quito, 7 de diciembre de 2022

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: María Emilia Araujo Zambrano

Código: 00205584

Cédula de identidad: 1723522825

Nombres y apellidos: Matías Enrique Bravo Castillo

Código: 00206954

Cédula de identidad: 1724728587

Lugar y fecha: Quito, 7 de diciembre de 2022

## **ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

## **UNPUBLISHED DOCUMENT**

**Note:** The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

## RESUMEN

Una de las industrias manufactureras más grandes e imponentes en el mercado es la industria de plásticos flexibles, que se dedica a la fabricación de diferentes productos hechos a base de diversas resinas como el polietileno. El presente proyecto se enfoca en mejorar la calidad de plásticos en una empresa productora de fajillas, y fundas de polietileno de baja densidad. Debido a los largos tiempos y al alto volumen de producción se identificó que existen altos niveles de desperdicios y altos tiempos de preparación de máquinas a lo largo de todos los procesos. Siguiendo la metodología DMAIC, se logró identificar el problema que genera desperdicios en los diferentes procesos que son: extrusión, impresión, sellado y precorte. Con la ayuda de cartas de control, pruebas estadísticas y herramientas Lean, se logró entender cómo funcionan los procesos e identificar la causa raíz que se debe atacar para reducir significativamente el desperdicio. Se implementó diferentes mejoras como un poka yoke para el proceso de impresión, estandarización de métodos de trabajo para el proceso de sellado y precorte de fajillas, SMED para extrusión, y se propuso un rediseño de layout con el fin de reducir movimientos y a la vez tiempos de producción. Se obtuvo resultados positivos en cuanto a la reducción de tiempos y de desperdicio por rollo.

**Palabras clave:** Plásticos flexibles, DMAIC, calidad, Lean, SMED, cartas de control I-RM.

## ABSTRACT

One of the largest and most imposing manufacturing industries in the market is the flexible plastics industry, which is dedicated to the manufacture of various products made from various resins such as polyethylene. This project focuses on improving the quality of plastics in a company that produces low-density polyethylene labels and sleeves. Due to the long times and the high volume of production, it was identified that there are high levels of waste and high machine preparation times throughout all processes. Following the DMAIC methodology, it was possible to identify the problem that generates waste in the different processes that are: extrusion, printing, sealing and pre-cutting. With the help of control charts, statistical tests, and Lean tools, it was possible to understand how the processes work and identify the root cause that must be attacked to significantly reduce waste. Different improvements were implemented such as a poka yoke for the printing process, standardization of work methods for the sealing and pre-cutting processes, SMED for extrusion, and a layout redesign was proposed in order to reduce movements and time of production. Positive results were obtained in terms of time reduction and waste per roll.

**Key words:** Flexible plastics, DMAIC, quality, Lean, SMED, I-RM control charts.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>12</b>
<b>2. ENFOQUE DE ESTUDIO</b> .....	<b>12</b>
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
3.1. Objetivo general .....	15
3.2. Objetivos específicos.....	15
<b>4. REVISIÓN LITERARIA</b> .....	<b>15</b>
<b>5. SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA</b> .....	<b>17</b>
<b>6. FASE DEFINIR</b> .....	<b>18</b>
6.1. Entrevistas a Gerente General, Calidad y Producción .....	18
6.2. Project Charter.....	18
6.3. Mapeo de procesos .....	19
6.3.1. Proceso de fabricación de fundas de polietileno.....	19
6.3.2. Proceso de fabricación de fajillas de polietileno.....	20
6.3.3. Proceso de extrusión. ....	21
6.3.4. Proceso de impresión. ....	21
6.3.5. Proceso de sellado para fajillas. ....	21
6.3.6. Proceso de sellado y corte para fundas. ....	21
6.3.7. Proceso de precorte para fajillas. ....	22
<b>7. FASE MEDIR</b> .....	<b>22</b>
7.1. Tipo de muestreo .....	22
7.2. Tamaño de muestra .....	23
7.2.1. Tamaño de muestra para rollos. ....	23
7.2.2. Tamaño de muestra para tiempos. ....	24
7.3. Subproceso de Impresión .....	25
7.3.1. Estadística descriptiva. ....	25
7.4. Subproceso de Sellado de fajillas, Precorte de fajillas y Corte de fundas .....	25
7.4.1. Cartas de control.....	25
7.4.1.1. Resultados de gráficas de control I-RM para sellado de fajillas. ....	26
7.4.1.2. Resultados de gráficas de control I-RM para precorte de fajillas.....	27

7.4.1.3.	Resultados de gráficas de control I-RM para corte de fundas. ....	28
<b>7.</b>	<b>FASE ANALIZAR.....</b>	<b>28</b>
7.4.	Reunión con el equipo.....	28
7.5.	Diagramas de causa-raíz (Ishikawa) .....	29
7.5.2.	Causa raíz para el proceso de impresión. ....	29
7.5.3.	Causa raíz para el proceso de sellado de fajillas. ....	29
7.5.3.1.	Análisis de métodos de trabajo para el sellado de fajillas. ....	30
7.5.4.	Causa raíz para el proceso precorte de Fajillas.....	30
7.5.4.1.	Análisis de métodos de trabajo para el precorte de fajillas. ....	30
7.6.	5 Why's and 1 How para tiempos. ....	31
<b>8.</b>	<b>FASE IMPLEMENTAR.....</b>	<b>32</b>
8.4.	Poka yoke para impresión. ....	32
8.5.	Estandarización de procesos de sellado y precorte de fajillas.....	33
8.6.	SMED.....	34
8.7.	Rediseño del layout. ....	35
<b>9.</b>	<b>FASE CONTROLAR.....</b>	<b>36</b>
<b>10.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>37</b>
<b>11.</b>	<b>LIMITACIONES.....</b>	<b>38</b>
<b>12.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>39</b>
<b>13.</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>40</b>
<b>14.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>44</b>
	Anexo 1: Flujograma del subproceso de extrusión.....	44
	Anexo 2: Flujograma del subproceso de impresión.....	44
	Anexo 3: Flujograma del subproceso de sellado.....	45
	Anexo 4: Flujograma del subproceso de precorte.....	45
	Anexo 5: Imágenes de la máquina impresora.....	46
	Anexo 6: Imágenes de la máquina de precorte.....	46
	Anexo 7: Máquina de sellado.....	47
	Anexo 8: Máquina extrusora.....	47
	Anexo 9: Tabla de tiempos de ciclo General Electric.....	48
	Anexo 10: Tiempos de cada proceso.....	48

Anexo 11: BoxPlot para la impresión de fajillas.....	49
Anexo 12: BoxPlot para la impresión de fundas.....	49
Anexo 13: Prueba de normalidad para el peso en Kg de desperdicio en el sellado de fajillas .	50
Anexo 14: Prueba de normalidad para el peso en Kg del desperdicio en el precorte de fajillas .....	50
Anexo 15: Prueba de normalidad para el peso en Kg del desperdicio en el sellado/corte de fundas .....	51
Anexo 16: Diagrama de Causa-raíz para proceso de impresión .....	51
Anexo 17: Diagrama de Causa-raíz para proceso de sellado de fajillas .....	52
Anexo 18: Diagrama de Causa-raíz para proceso de pre-corte de fajillas .....	52
Anexo 19: Diagrama 5 why´s 1 how.....	52
Anexo 20: Análisis de valor agregado .....	53
Anexo 21: Análisis Spaguetti para el estudio de movimientos .....	54
Anexo 22: POKA YOKE implementado en la impresora Flexo 8 .....	54
Anexo 23: Estandarización del método de trabajo.....	55
Anexo 24: Prueba de normalidad para el peso (Kg) de desperdicio en el sellado de fajillas una vez implementadas las mejoras .....	55
Anexo 25: Prueba de normalidad para el peso (Kg) del desperdicio en el precorte de fajillas una vez implementadas las mejoras .....	56
Anexo 26: SMED Actual .....	56
Anexo 27: SMED Mejorado .....	57
Anexo 28: Zona de almacenamiento temporal.....	57
Anexo 29: Zona para colocar las ordenes .....	57
Anexo 30: Método Logic and Cut Trees para el rediseño del layout.....	58
Anexo 31: Propuesta del nuevo layout.....	58
Anexo 32: Resultados de distancias con un nuevo layout .....	59
Anexo 33: Tríptico .....	59
Anexo 34: Plantilla Excel para realizar cartas de control .....	60
Anexo 35: Instrucciones dentro del Excel.....	60
Anexo 36: Plantilla para realizar diagrama causa-raíz.....	61

**INDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Project charter .....	19
Tabla 2: Tabla de producción para el mes de Septiembre y Octubre .....	23
Tabla 3: Tiempos de ciclo de cada subproceso.....	24
Tabla 4: Tabla de resultados de estadística descriptiva para impresión.....	25
Tabla 5: Resultados de las pruebas de normalidad.....	26
Tabla 6: Resultados de pruebas de normalidad para datos con mejoras .....	33

## INDICE DE FIGURAS/IMAGENES

Figura 1: Pie chart de quejas desde Marzo a Septiembre .....	13
Figura 2: Pie chart de producción mensual.....	14
Figura 4: SIPOC del proceso de producción de fajillas.....	20
Figura 5: SIPOC del proceso de producción de fundas .....	20
Figura 6: Fórmula del tamaño de muestra .....	24
Figura 7: Carta de control I-RM para el peso en Kg de desperdicio en el sellado de fajillas.....	27
Figura 8: Carta de control I-RM para el peso en Kg de desperdicio en el Precorte de fajillas.....	27
Figura 9: Carta de control I-RM para el peso en Kg de desperdicio en el sellado/corte de fundas.....	28
Figura 10: Prueba Z para diferencia de medias en el sellado de fajillas.....	30
Figura 11: Prueba no paramétrica para diferencia de medianas en el precorte de fajillas.....	31
Figura 12: Carta de control I-RM para el peso en Kg de desperdicio en el sellado de fajillas una vez implementadas las mejoras.....	34
Figura 13: Carta de control I-RM para el peso en Kg de desperdicio en el precorte de fajillas una vez implementadas las mejoras.....	34

## 1. INTRODUCCIÓN

La industria de manufactura se encarga de la fabricación, producción y transformación de materia prima en productos finales, ya sea para clientes o como insumos para otras industrias. Este tipo de industria tiene un rol muy importante en el sector económico del Ecuador, además, genera empleo e ingresos al estado. La industria manufacturera tuvo una contribución promedio de 14.09% del PIB anual durante los años del 2013 al 2018, seguido de la industria de construcción y comercio (Camino Mogro, et al., 2022).

Una de las industrias manufactureras es la industria de plásticos flexibles, que se dedica a la fabricación de diferentes productos hechos a base de diversas resinas como el polietileno (Moscoso, Yalan, 2015). Según la Asociación Ecuatoriana de Plásticos y sus estadísticas (Aseplas,2022), el sector abarca aproximadamente 600 empresas y aporta el 1,2% del PIB nacional, lo cual representa \$1 200 millones. Hoy en día, genera 19 000 empleos directos y 120 000 indirectos, además se fabrica 500 000 toneladas de productos por año (Aseplas,2022).

La empresa Flexofama CIA Ltda. es una empresa mediana en Ecuador, con sede principal en Quito, fundada el 11 de junio de 1998. Son líderes en el mercado de fabricación de plástico flexible a base de polietileno de baja densidad. Actualmente emplean a 39 personas (Flexofama, 2022). Entre los principales SKU's se identifican fundas, fajillas, láminas y sellos de seguridad.

## 2. ENFOQUE DE ESTUDIO

Flexofama no cuenta con una cultura de gestión de calidad ni medición de tiempos del proceso, por lo que a lo largo de las diferentes etapas de producción se generan desperdicios innecesarios los cuales son medidos, ya sea en kilogramos o en minutos de tiempos de ciclo totales y tiempo de preparación de máquinas. En el caso de los desechos físicos se acumulan al final de

cada día para almacenar en una bodega que sirve como basurero, sin embargo, no existe ningún análisis o control. En este proyecto se implementan mejoras para optimizar los procesos productivos y reducir desperdicios.

Flexofama tiene una amplia gama de SKU's disponibles cuyas especificaciones son los colores, el número de micras, el tamaño y la elasticidad. Estas pueden variar dependiendo de las especificaciones de los clientes. Debido al tiempo del proyecto y a la complejidad de la toma de datos se ha decidido clasificar los diferentes SKU's que tiene Flexofama por familias que siguen una misma línea de producción y cumplen con las mismas características. Estas son: Fajillas de polietileno, Fajillas Laminadas, Fajillas de PVC, Fundas de polietileno, Fundas troqueladas, Fundas laminadas, Sellos de seguridad PVC y Láminas de polietileno.

Se van a escoger dos familias para los respectivos análisis, por lo que primero se obtuvo los datos históricos del índice de quejas por parte de los clientes desde el mes de marzo a septiembre del 2022. (Figura 1)

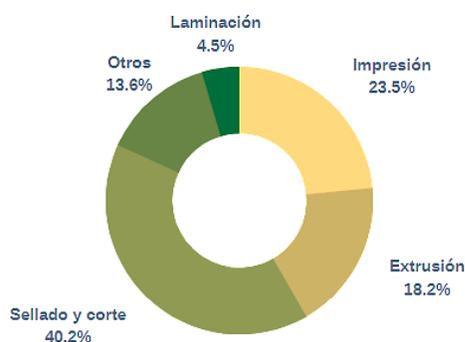
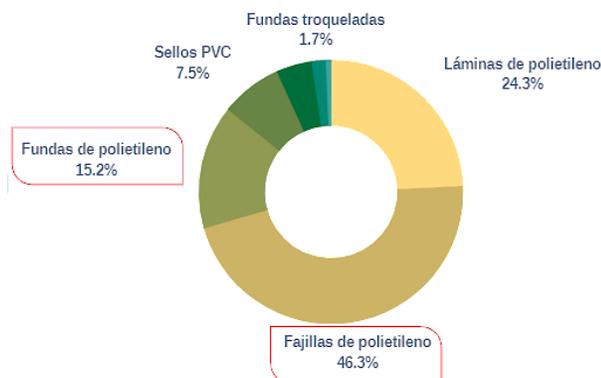


Figura 1: Pie chart de quejas desde Marzo a Septiembre

Se puede ver que la mayoría de los problemas vienen del subproceso de sellado y corte seguido del de impresión, por lo que esos son los subprocesos que se van a evaluar con prioridad.

Adicionalmente, se obtuvo los datos del volumen de producción para el mes de Septiembre para conocer el producto que más se va a fabricar y tener mayor accesibilidad a los datos. (*Figura 2*)



*Figura 2: Pie chart de producción mensual*

Como se puede ver en la *Figura 2* el mayor volumen de producción mensual de Flexofama corresponde a las familias de productos de láminas de polietileno, fajillas de polietileno y fundas de polietileno. Por esta razón, las familias de interés pueden ser cualquiera de estas para la facilidad y la cantidad de la toma de datos. Sin embargo, la familia de láminas de polietileno no pasa por el subproceso de sellado y corte, y dado que es uno de los subprocesos que más quejas genera se ha decidido excluir esta familia y únicamente enfocarse en el proceso de producción de fajillas de polietileno y fundas de polietileno.

Adicionalmente, se realizó un levantamiento de los procesos y se pudo identificar altos tiempos de producción y preparación de máquinas, además de movimientos innecesarios lo cual conlleva a altos niveles de desperdicios. (Guo, W., et al., 2019) En este estudio se determina cuáles son las causas principales de los desperdicios de tiempo y se eliminan las actividades que no dan valor al proceso de producción de fajillas y fundas de polietileno mediante herramientas del marco Lean en conjunto con diseño de plantas y simulación (Lean Six Sigma Institute, 2022).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo general**

- Reducir los desperdicios y optimizar los tiempos de producción mediante la filosofía de Lean Six sigma en una empresa Ecuatoriana productora de plásticos flexibles.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Conocer a profundidad la situación actual de la empresa en cuanto a sus procesos e identificar oportunidades de mejora.
- Definir métricas para establecer una línea base y evaluar la situación actual de la empresa para posteriormente identificar y erradicar las causas de los problemas.
- Implementar mejoras para optimizar el proceso de producción de empaques, reducir los desperdicios y tiempos de producción.

### **4. REVISIÓN LITERARIA**

Lean Six sigma es la filosofía cuyo enfoque es la búsqueda constante de la perfección mediante el mejoramiento continuo, análisis de métricas e identificación de oportunidades de mejora (Carreira, 2006). El concepto de Lean hace énfasis en optimizar los procesos y mejorar el flujo de los recursos (Mader, 2008), mientras que las prácticas Six sigma se enfocan en la eliminación de defectos mediante modelos de gestión de calidad que analizan los términos de variación del proceso (Lean Six Sigma Institute, 2022).

Durante la elaboración de este proyecto se realizó la revisión literaria sobre estudios en donde se implementó la metodología DMAIC en industrias manufactureras con características y/o condiciones similares. A continuación, se muestra la información recopilada de los estudios más relevantes (Deming, W.E., 1991)

En el estudio realizado por Patel Rumana InayatHusen en 2015 en Dynaflex, una empresa de plásticos flexibles en la India se aplicó DMAIC en el proceso de fabricación de fundas de polietileno. Al cabo del análisis y la implementación se obtuvo un nivel sigma que pasó de 3.2 a 3.4, reduciendo el desperdicio de 18.33% a un 10.65% en un mes (InayatHusen, 2015).

Otro estudio realizado por Jesús Elías y Adair Yalan, en 2015, muestra los beneficios de implementar varias herramientas de Lean Six sigma en la industria de plásticos Marplast S.A.C, una empresa dedicada a la producción y venta de fundas plásticas hechas de polietileno de baja densidad. Se habla de como se logró aumentar el nivel sigma de 2.87 a 3.08, se redujo los defectos por millón de oportunidades en un 32.25% lo cual representa grandes beneficios para la organización. Además, se redujeron los costos de fabricación generando un ahorro de \$12 000 mensuales (Moscoso, Yalan, 2015).

También se tomó en cuenta el plan de mejora de calidad en los procesos productivos de una empresa textil propuesto por Nubia Paredes en 2019. En Productexti CIA LTDA, una empresa ambateña que fabrica varios tipos de tela trabaja de manera similar que en Flexofama. Las telas son enrolladas, al igual que el plástico y posteriormente pasan por procesos de manufactura. En este estudio, se utiliza herramientas six sigma para medir la línea base del proceso tomando en cuenta la complejidad de que la materia prima esta enrollada y los tiempos de procesamiento son muy altos, lo que dificulta la toma de datos (Paredes, 2019).

Por otro lado, se utilizó el proyecto de grado de Adrián Holguín y Wilson Rivera donde se usó control estadístico de procesos mediante el apoyo de gráficas de control para determinar el comportamiento de los procesos de producción de fideo laminado. Si bien es cierto que la industria es de un ámbito totalmente diferente al de Flexofama, igualmente se manejan unidades en Kg lo cual se asemeja a los kilos en los rollos de plástico. Además, se puede evidenciar como realizar

mejoras de bajo impacto y controlar el proceso productivo que permite reducir el desperdicio en un 37,67%. (Holguín, et al., 2008)

Finalmente, como parte de los estudios más relevantes se tomó en cuenta el caso realizado por José Gabriel Obando en 2021, donde se aplicó la metodología Lean Six Sigma en una empresa productora láctea. Este estudio juega un papel muy importante en este proyecto debido a que fue una base para la reducción de desperdicio y tiempos altos del proceso productivo mediante herramientas Lean que permitieron eliminar actividades que no agregan valor. Aquí se muestran cómo se lograron procesos más estables con una reducción de 4 horas con 12 minutos en el tiempo de producción gracias al estudio de movimientos y diseño de planta de la empresa. Esto fue un gran avance para la compañía y representa muchos beneficios. (Obando, Camacho, 2021).

## **5. SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA**

Con el fin de implementar Lean Six Sigma se escogió la metodología DMAIC, creada en el año 1980 por el ingeniero de Motorola, Bill Smith (Boucher, 2012). Esta metodología cuenta con 5 fases: definir, medir, analizar, implementar y controlar, y es uno de los métodos más populares y usados, ya que sigue la misma línea de mejora continua del círculo de Deming (Deming, W.E., 1991)

En este escenario es la mejor opción, ya que se utiliza para resolver problemas, minimizar tiempos de producción, eliminar procesos innecesarios, y disminuir desperdicios mediante la mejora del rendimiento del proceso y la toma de decisiones con un buen manejo de análisis de datos (Sajjad, 2021). Además, su disciplina y estructura aumentan las posibilidades de éxito del proyecto (Mader, 2008).

## **6. FASE DEFINIR**

En esta fase se planteó el problema, los objetivos y el alcance del estudio. Generalmente, esta fase responde las siguientes preguntas: ¿Qué es lo que se trata de cumplir? y ¿Qué se trata de hacer? (Carreira, 2006). Se utilizó las siguientes herramientas para esta fase.

### **6.1. Entrevistas a Gerente General, Calidad y Producción**

Se realizó entrevistas al gerente general de Flexofama con el objetivo de conocer la visión de la empresa, su enfoque, su entorno, y los problemas más destacados presentes en la empresa. La gerente de calidad explicó cómo funciona la empresa, como se manejan en cuanto a los procesos, turnos, órdenes, productos, gestión de basura, temas ambientales, etc. Gracias a esto, se conoció que la fábrica cuenta con un alto porcentaje de desperdicio en las diferentes etapas del proceso y que la mayoría del desperdicio se vende a recicladores. No existe un análisis sobre el desperdicio, ya que lo consideran irrelevante.

También se habló con el gerente de producción que comentó que nunca hay una demanda estable, la fábrica trabaja bajo el pedido de los clientes y si existe una orden nueva de mayor cantidad, esta se establece como prioridad. Por esta razón, comentó que se necesita una línea base de los tiempos de procesos de producción, ya que ellos solo cuentan con aproximaciones y nunca se ha realizado un análisis de estos.

### **6.2. Project Charter**

Para establecer el alcance, objetivos generales e involucrados en el proyecto, se desarrolló un project charter como parte de la primera etapa del ciclo DMAIC (Lean Six Sigma Institute, 2022). A continuación, se detallan los aspectos fundamentales que se tomaron en cuenta para desarrollar todas las fases del proyecto.

CASO DE NEGOCIO		
La empresa FlexoFama genera desperdicio en todo el proceso de producción de fajillas y fundas plásticas, fabricadas a base de polietileno. La empresa no cuenta con un análisis de desperdicios ni de tiempos, por lo tanto, no hay una correcta gestión de calidad		
Propósito (CTQ's a mejorar)		
Tiempo de producción Desperdicios Unidades defectuosas		
Objetivos del proyecto		
Implementar mejoras para optimizar el proceso de producción de empaques mediante la aplicación de análisis estadístico y herramientas de Lean Six Sigma para la reducción de tiempos y desperdicios		
Alcance		
Toda la línea de producción de las familias de productos de fajillas y fundas a base de polietileno de baja densidad		
Roles y responsabilidades		
Miembros del equipo:	E-mail	Teléfono/Móvil
María Emilia Araujo	<a href="mailto:mariearaujo00@hotmail.com">mariearaujo00@hotmail.com</a>	+593 992741389
Matías Bravo	<a href="mailto:matiasbravocas@hotmail.com">matiasbravocas@hotmail.com</a>	+593 969658863
Recursos		
Acceso al plan de producción del mes de septiembre y Octubre Información histórica de la empresa Contacto con personal administrativo de la empresa Acceso a planta de producción		
Métricas		
1	Peso de los rollos de polietileno	
2	Unidades defectuosas	
3	Desempeño del proceso	
4	Tiempos de producción	

*Tabla 1: Project charter*

### 6.3. Mapeo de procesos

Siguiendo con la línea de la metodología del círculo Deming se levantó la información de los procesos de producción de las familias de productos seleccionadas para el estudio, la cual se muestra en diagramas SIPOC que permiten entender el flujo de materiales y los pasos para dichos procesos (Deming, W.E., 1991). Para un mayor entendimiento y detalle, adicionalmente se llevó a cabo un flujograma de cada subproceso presente al momento de fabricar fundas y fajillas de polietileno.

#### 6.3.1. Proceso de fabricación de fundas de polietileno.

El proceso de fabricación de cualquier producto comienza con un pedido que consta de la orden de compra y las especificaciones del cliente. Una vez realizado el pago se comienza el proceso de producción. Cabe recalcar que en cada máquina hay un mismo operador designado

que varía dependiendo el turno del día. Se realizó un SIPOC para entender la información clave del proceso. (Figura 4)

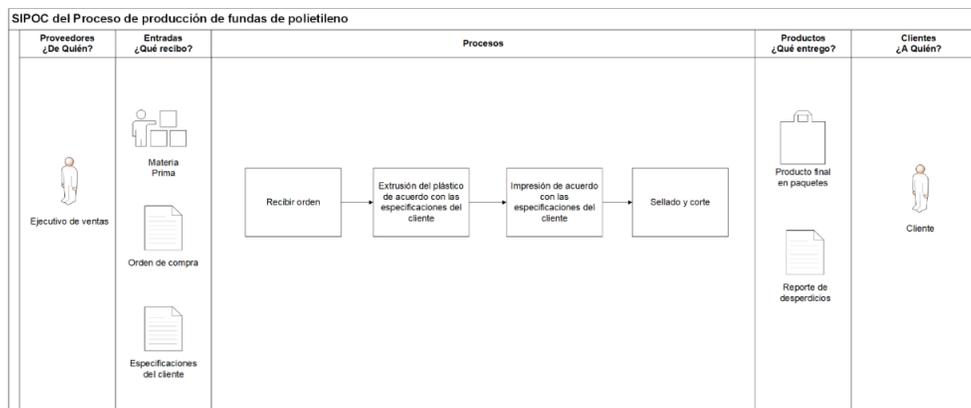


Figura 4: SIPOC del proceso de producción de fajillas

### 6.3.2. Proceso de fabricación de fajillas de polietileno.

El proceso de fajillas de polietileno es muy similar al de fundas. Se realizó un SIPOC para entender la información clave del proceso. (Figura 5)

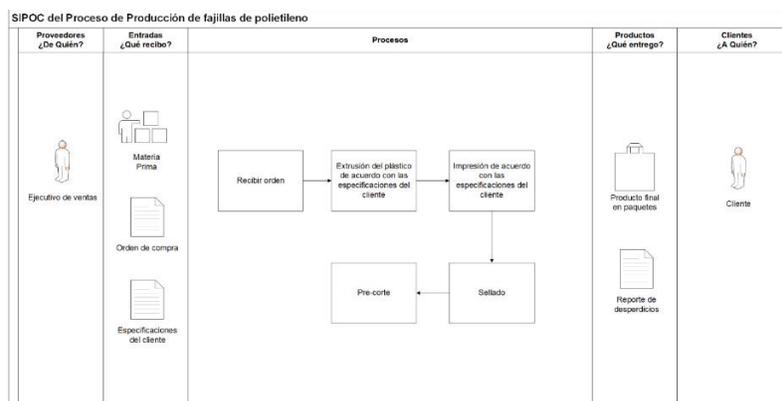


Figura 5: SIPOC del proceso de producción de fundas

A continuación, se detalla cada uno de los subprocesos involucrados.

### **6.3.3. Proceso de extrusión.**

El subproceso consiste en fundir a altas temperaturas la materia prima. La mezcla de materiales depende de las especificaciones del cliente. Esta mezcla se coloca en la tolva de la máquina extrusora y se calibra la temperatura, velocidad y presión a la que se va a obtener el rollo. Una vez que se funde toda la materia prima, está listo el rollo para ser pesado, etiquetado y enviado a la siguiente estación. (*Anexo 1*)

### **6.3.4. Proceso de impresión.**

El subproceso de impresión comienza con el rollo que sale de extrusión y con el diseño de impresión del cliente. Para esto primero un diseñador traduce las necesidades del cliente en un diseño virtual el cual se plasma en el rollo por medio de cireles. Una vez que se aprueba el diseño por el cliente, se ajustan las variables de la máquina para comenzar el proceso, pero primero se realiza una prueba física que debe ser aprobada por el diseñador. Una vez aprobada, se imprime todo el rollo para finalmente pesar y seguir al siguiente paso. (*Anexo 2*)

### **6.3.5. Proceso de sellado para fajillas.**

Este subproceso consiste en juntar dos extremos del producto y con la ayuda de una cuchilla que se calienta a altas temperaturas, derrite el plástico haciendo que esté quede unido. El proceso inicia cuando el rollo impreso se coloca en la máquina y esta se calibra con las medidas especificadas y la temperatura adecuada que depende del tipo de plástico. Una vez que el rollo se acabó de sellar se pasa a la siguiente estación. (*Anexo 3*)

### **6.3.6. Proceso de sellado y corte para fundas.**

Este proceso es igual al sellado de fajillas con la diferencia de que las fundas se sellan y se cortan al mismo tiempo, es decir, en lugar de sellar un extremo como en el caso de las fajillas, se sellan dos extremos lo cual separa las fundas de manera individual y culmina el proceso.

### **6.3.7. Proceso de precorte para fajillas.**

El subproceso de precorte consiste en cortar parcialmente con una línea punteada las fajillas para volver a enrollarlas y que el cliente las pueda separar individualmente con facilidad. Este proceso inicia con el cambio de cuchillas de la máquina cada vez que se inicia un nuevo pedido, posteriormente, se coloca el rollo en la máquina y se calibran las medidas de corte. Se coloca un cono al final de la máquina para que el producto se siga enrollando, una vez listo, se empaca, se etiqueta, se pesa y se despacha. (*Anexo 4*) Como se mencionó anteriormente, únicamente las fajillas pasan por este proceso, ya que en el caso de las fundas se sella y se corta en la misma etapa para empacar y enviar al cliente de manera individual.

## **7. FASE MEDIR**

El objetivo principal de la siguiente fase fue comprender cómo funciona el proceso e identificar el método para la recolección de datos (Carreira, 2006). Una vez identificada la forma de recolección, se trató de obtener una línea base del rendimiento actual del proceso por medio de diferentes métricas (Gutiérrez, De la Vara, 2013). En esta fase, se generó una discusión con los involucrados en el proyecto donde se pregunta: ¿Qué se va a medir? ¿Cómo se va a medir? ¿Qué datos son relevantes para el estudio? ¿Qué datos están disponibles?, Y ¿Qué sistema de medición se debe usar? (Carreira, 2006).

### **7.1. Tipo de muestreo**

Es importante definir el tipo de muestreo, ya que permite una reducción considerable de costos y de tiempo para analizar los datos y con ellas hacer mejoras del proceso (Petersesn, et al., 2004). De esta forma, se puede entender el comportamiento de una población con tan solo una fracción de esta (Casal, Mateu, 2003).

En primer lugar, se debe identificar si los datos son cualitativos o cuantitativos. Una vez que se conoce el tipo de datos, se puede seleccionar una técnica de muestreo y finalmente seleccionar el mejor tipo de muestreo para entender a la población (Casal, Mateu, 2003).

En este estudio se manejó datos cuantitativos continuos y discretos, ya que se midió el número de kilogramos desperdiciados por rollo en cada proceso y el tiempo de producción en minutos de cada proceso. Se seleccionó la técnica de muestreo probabilístico que permite conocer la probabilidad de que todos los individuos del estudio sean incluidos en la muestra por medio de una selección al azar (Petersen, et al., 2004). También, se seleccionó un tipo de muestreo sistemático que nos permite empezar con una unidad tomada al azar y después muestrear cada n unidades en adelante (Casal, Mateu, 2003).

## 7.2. Tamaño de muestra

Se tomó una muestra al azar de cada subprocesso y se tomó el resto de las muestras cada 40 minutos durante todo el tiempo que estuvo funcionando la máquina. Los días y los turnos establecidos para la toma de datos se definió en base a la producción semanal de la planta.

### 7.2.1. Tamaño de muestra para rollos.

Con la ayuda del encargado de producción se logró estimar la cantidad de rollos que se iban a fabricar en el mes de septiembre y octubre. (Tabla 2)

Kg que se van a producir								
Producto	Fajillas de polietileno	Fajillas Laminadas	Fajillas de PVC	Fundas de polietileno	Fundas troqueladas	Fundas laminadas	Sellos de seguridad PVC	Láminas de polietileno
TOTAL(Kg)	5140	0	160	1870	430	1075	1860	8990
TOTAL(rollos)	286	0.00	4.00	94	11	27	47	150

Tabla 2: Tabla de producción para el mes de Septiembre y Octubre

A partir de esta información, se decidió utilizar la fórmula del tamaño de muestra para estimar el parámetro de promedio con una población finita (Argimón, 2000). (Figura 6)

$$n = \frac{N Z^2 S^2}{d^2 (N-1) + Z^2 S^2}$$

*Figura 6: Fórmula del tamaño de muestra*

Se utilizó un valor  $z=1.96$  y varianza estimada en base a los datos. Se obtuvo un tamaño de muestra de 72 rollos para los procesos de fajillas y de 30 para los procesos de las fundas.

### **7.2.2. Tamaño de muestra para tiempos.**

Para el cálculo del tamaño de muestra para tiempos, se usó la tabla de ciclos de tiempo (*Anexo 9*) creada por General Electric Companys, que sirve como guía para el número de ciclos a recolectar por cada proceso (Niegel, Freivalds, 2009).

En este estudio, los tiempos de ciclo de cada subproceso son los siguientes:

Subproceso	Tiempo de ciclo (hh:mm:ss)
Extrusión	4:48:54
Impresión	2:39:37
Sellado	2:41:46
Corte	1:07:40

*Tabla 3: Tiempos de ciclo de cada subproceso*

Por lo tanto, el tamaño de muestra que se obtuvo por cada subproceso fue de 3. Sin embargo, para obtener mayor veracidad en los resultados, se decidió tomar 10 tiempos para cada actividad realizada en los diferentes procesos.

### 7.3. Subproceso de Impresión

#### 7.3.1. Estadística descriptiva.

La estadística descriptiva se usa para formular recomendaciones sobre el resumen de información en tablas o gráficos (Gutiérrez, De la Vara, 2013). En este estudio, se utilizó estadística descriptiva con el fin de resumir la información obtenida en los procesos de impresión debido a que no se alcanzó a recolectar el tamaño de muestra planteado. Por lo tanto, se obtuvo la media, desviación estándar y el coeficiente de variación. Este último evalúa la dispersión relativa que tiene un conjunto de datos (Gutiérrez, De la Vara, 2013). Los resultados se pueden ver a continuación:

#### 7.4. Subproceso de Sellado de fajillas, Precorte de fajillas y Corte de fundas

	Impresión Fajillas	Impresión Fundas
Media	4.2	3.98
Desviación estándar	2.12	1.77
Coeficiente de variación	0.51	0.44

*Tabla 4: Tabla de resultados de estadística descriptiva para impresión*

Adicionalmente, se realizó un boxplot para representar gráficamente los datos y entender si existen valores atípicos. (*Anexos 11, 12*) En este se pudo observar que no existe una cola inferior debido a que no existe un desperdicio negativo.

#### 7.4.1. Cartas de control.

Referenciando a Holguín en el 2008, se utilizaron cartas de control para entender el comportamiento del proceso y a la vez su estabilidad y rendimiento, esto va a permitir posteriormente identificar las causas que generan variabilidad y que se deben investigar. Existen

dos tipos de cartas de control, una para variables y otra para atributos dado que el dato de estudio que se midió fue el peso en kg de desperdicio en cada rollo se usan cartas para variables.

En el proceso de sellado de fajillas, precorte de fajillas y sellado y corte de fundas se usan cartas de control para variables de individuos y rangos móviles, ya que el proceso es lento, dura mucho, y no se pudo obtener un volumen de datos alto para agruparlos. En este caso, cada punto graficado representa el desperdicio por rollo producido. (Gutiérrez, De la Vara, 2013).

Previo a graficar cada carta se realizó las respectivas pruebas para identificar si alguna causa especial está alterando la variabilidad del proceso, además, para utilizar las cartas de control se debe comprobar la normalidad de los datos, por lo que, se realizó las pruebas de normalidad respectivas a cada grupo de datos por cada proceso. Se utilizó el software Minitab para realizar las pruebas y se obtuvo los siguientes resultados:

	N	Prueba de normalidad	Valor p	Conclusión
Sellado Fajillas	79	Kolmogorov-Smirnov	0.149	Datos normales
Precorte Fajillas	69	Kolmogorov-Smirnov	>0.150	Datos normales
Sellado/Corte Fundas	31	Ryan-Joiner	>0.100	Datos normales

*Tabla 5: Resultados de las pruebas de normalidad*

En este caso, se utilizó una prueba de Kolmogorov-Smirnov cuando la muestra era mayor a 50 y Ryan-Joiner cuando era menor a 50 (Gutiérrez, De la Vara, 2013). Los resultados de las pruebas realizadas para cada subproceso se encuentran en los *Anexos 13, 14, 15*

#### **7.4.1.1. Resultados de gráficas de control I-RM para sellado de fajillas.**

Se realizó la carta de control I-RM para este proceso y se pudo observar que el proceso no se encontró bajo control estadístico, ya que existió 2 puntos fuera de los límites de control.

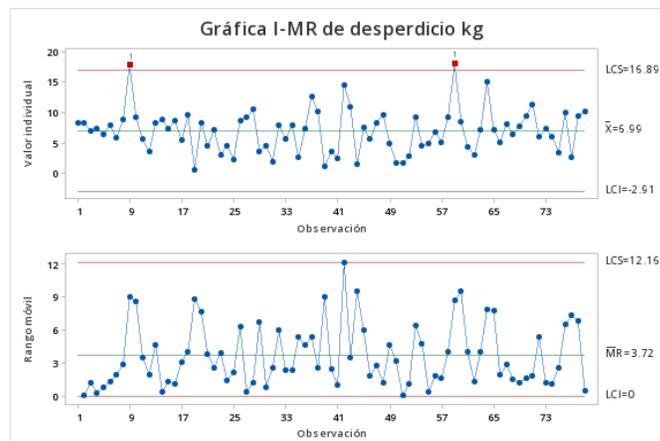


Figura 7: Carta de control I-RM para el peso en Kg de desperdicio en el sellado de fajillas

Se establece que se encontrar la causa raíz y atacarla para así reducir la variabilidad del proceso y a la vez el nivel de desperdicio en kg.

#### 7.4.1.2. Resultados de gráficas de control I-RM para precorte de fajillas.

Se realizó la carta y se comprobó que el proceso no está bajo control estadístico ya que existen 2 puntos fuera de los límites de control, uno en la carta de medias y otro en la de rangos.

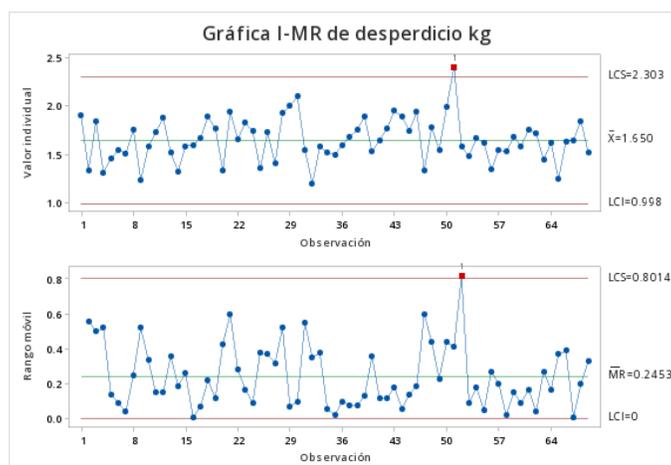


Figura 8: Carta de control I-RM para el peso en Kg de desperdicio en el Precorte de fajillas

Se establece que se debe encontrar la causa raíz y atacarla para así reducir la variabilidad del proceso y a la vez el nivel de desperdicio en kg.

### 7.4.1.3. Resultados de gráficas de control I-RM para corte de fundas.

Se realizó la carta de control y se confirmó que este proceso si se encontró bajo control estadístico, por lo tanto, la variabilidad del proceso se debe a causas comunes y no se debe implementar ningún tipo de mejora

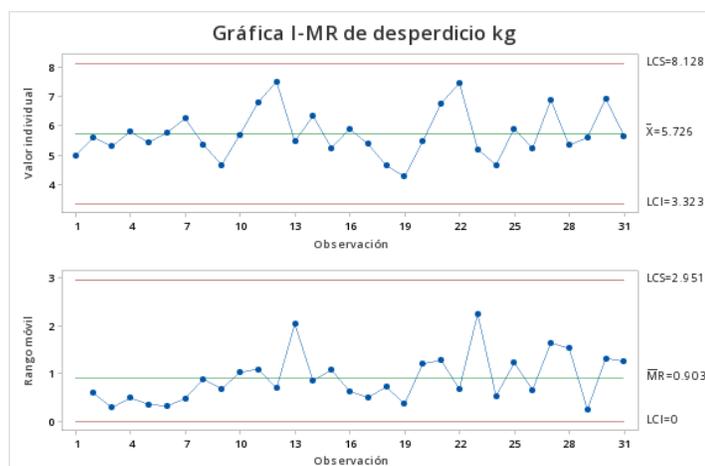


Figura 9: Carta de control I-RM para el peso en Kg de desperdicio en el sellado/corte de fundas

## 7. FASE ANALIZAR

El objetivo principal de esta fase fue identificar las causas raíz de los problemas en conjunto con el análisis de datos obtenido en la fase medir. La información recolectada es de suma importancia, ya que determina las posibles mejoras y soluciones para la fase de implementación (Gutiérrez, De la Vara, 2013). Esta fase se desarrolló en conjunto con los operadores.

### 7.4. Reunión con el equipo

Como primer paso, se realizó una reunión con el equipo en donde se les comentó todo lo que se midió en el proyecto. Se realizó un brainstorming, un intercambio de ideas y diferentes preguntas como: ¿Qué crees que causa variabilidad? ¿Por qué crees que se producen unidades defectuosas? ¿Qué podrías mejorar en el proceso? Las cuales nos encaminaron a identificar las

causas raíz para el alto nivel de desperdicio en Kg en el proceso de impresión en fajillas y fundas, sellado de fajillas y precorte de fajillas. Con base en la información recolectada, se realizó los diagramas Ishikawas.

### **7.5. Diagramas de causa-raíz (Ishikawa)**

Es una herramienta visual que tiene como objetivo ayudar a encontrar la causa raíz de un problema para un posterior análisis (Lean Six Sigma Institute, 2022). En este caso, como se puede ver en los gráficos (*Anexo 16, 17, 18*) se obtuvo lo siguiente:

#### **7.5.2. Causa raíz para el proceso de impresión.**

Se logró determinar que la causa raíz para el desperdicio en Kg para la impresión se debe a que no existen delimitadores para el movimiento del rollo. Esto se refiere a que a medida que el proceso de impresión avanza, el rollo que se coloca en un tubo al inicio de la máquina tiende a moverse lo cual descalibra la impresión y genera paros en la máquina y a la vez desperdicios.

Como una posible mejora se determinó la implementación de un poka yoke en el tubo del rollo, el cual mantendrá el rollo en su lugar. (*Anexo 16*)

#### **7.5.3. Causa raíz para el proceso de sellado de fajillas.**

Se logró determinar que la causa raíz para el desperdicio en Kg para el proceso de sellado de fajillas es la ausencia de estandarización del método de trabajo asociado a la velocidad. Lo que ocurre en este caso es que existen 2 operadores por cada máquina y cada uno usa un método de trabajo diferente, en el cual cada uno cambia la velocidad de acuerdo con sus conocimientos. Por esta razón, se decidió realizar una prueba estadística para comprobar si los métodos de trabajo son diferentes con respecto a la media de desperdicio por rollo. (*Anexo 17*)

### 7.5.3.1. Análisis de métodos de trabajo para el sellado de fajillas.

En este proceso, se desarrolló una prueba Z para comparar ambos métodos. Se seleccionó esta prueba, ya que se obtuvo por cada método de trabajo un total de 38 datos, es decir, una muestra total de 76 datos. Por lo tanto, al tener un tamaño de muestra superior a 30 se debe usar una prueba Z y gracias al teorema del límite central se puede estimar la varianza de la población con base en los datos recolectados (Gutiérrez, De la Vara, 2013). Se planteó la prueba de hipótesis y junto a los siguientes parámetros se obtuvo los siguientes resultados. (Figura 10)

$$\begin{array}{l}
 H_0: \mu_1 = \mu_2 \\
 H_a: \mu_1 \neq \mu_2
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 \bar{X}_1 = 6.12 \\
 \bar{X}_2 = 7.95 \\
 S_1 = 2.75 \\
 S_2 = 3.96 \\
 n_1 = n_2 = 39 \\
 \alpha = 0.05
 \end{array}
 \quad
 EP : Z_{prueba} = \left| \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\left[ \left( \frac{S_1^2}{n_1} \right) + \left( \frac{S_2^2}{n_2} \right) \right]}} \right|$$

Figura 10: Prueba Z para diferencia de medias en el sellado de fajillas

Se pudo concluir que existe evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula, se obtuvo un valor p de 0.018, esto indicó que efectivamente existe diferencia en la media de desperdicio por cada rollo según el método de trabajo que se utilizó.

### 7.5.4. Causa raíz para el proceso precorte de Fajillas.

En este proceso, se identifica la misma causa raíz asociada al diferente método de trabajo que utilizan los operadores encargados de la máquina. (Anexo 18)

#### 7.5.4.1. Análisis de métodos de trabajo para el precorte de fajillas.

Para corroborar que si existe diferencia estadística entre ambos métodos se decidió realizar un cambio en los datos, es decir, se transformó los datos a proporciones, ya que en este proceso si se cuenta con la cantidad de unidades producidas por rollo y la cantidad de unidades defectuosas por cada uno. Esto le ayudó a la empresa a tener un control sobre la cantidad de unidades defectuosas

por rollo. En este caso, se realizó la prueba de normalidad para proporciones donde  $np < 5$ , por lo tanto, nuestros datos no eran normales. Por esta razón, se realizó una prueba no paramétrica. Se escogió la prueba U de Mann-Whitney, que toma conclusiones con base en las medianas de los datos y no en las medias (Verma, 2019). Se planteó la prueba de hipótesis y con la ayuda del software de Minitab se ejecutó la prueba. (*Figura 11*)

Prueba		
Hipótesis nula	$H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$	
Hipótesis alterna	$H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$	
Método	Valor W	Valor p
No ajustado para empates	949,50	0,006
Ajustado para empates	949,50	0,006

*Figura 11: Prueba no paramétrica para diferencia de medianas en el precorte de fajillas*

Esta demostró con un valor p de 0.006, que existe evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, las medianas de los métodos de trabajo son estadísticamente diferentes.

## 7.6. 5 Why's and 1 How para tiempos.

Se utilizó la herramienta de los 5 Porque para conocer las razones por las que los tiempos de producción son altos. Se puede observar en el *Anexo 19* los resultados. Se realizó un análisis de valor agregado. Una herramienta útil para clasificar las actividades que agregan valor y aquellas que no lo hacen (Lean Six Sigma Institute, 2022). En conjunto con el encargado de calidad se recorrió cada proceso y se contabilizó las actividades que realizó cada operador, después en conjunto con el operador y gerente de calidad se ratificó que existen actividades en cada proceso que no agregan valor, por lo tanto, se decidió eliminar todas estas actividades en cada proceso (*Anexo 20*). Además, el tiempo de preparación de la máquina de extrusión representó un tiempo muy alto.

Finalmente, se elaboró el layout de la empresa con las medidas de cada departamento, Esta información entregó el gerente general de la empresa. Una vez diagramado el layout se realizó un spaghetti, (*Anexo 21*) este permite observar los movimientos realizados por los operadores al ejecutar cada proceso (Tompkins, White y Bozer, 2009). En el layout se pudo evidenciar los movimientos realizados por los operadores para la producción de las fajillas en color verde y para las fundas en color rojo. Se pudo identificar que existen movimientos innecesarios y distancias largas.

## **8. FASE IMPLEMENTAR**

El objetivo de esta etapa fue implementar o proponer soluciones que ataquen las causas raíz de los problemas definidos. Es decir, corregir o reducir el problema notablemente (Gutiérrez, De la Vara, 2013).

### **8.4. Poka yoke para impresión.**

En estos procesos se pudo comprobar con la ayuda de los operadores y del encargado de calidad que el principal problema en esta máquina se debe al movimiento del rollo a medida que el proceso avanza. Para erradicar este problema, se aplicó un sistema en los tubos que sostienen al rollo y funciona como tope para evitar su movimiento. Con la ayuda del mecánico de la empresa se adaptó estos sistemas a la impresora Flexo 8 y se volvió a tomar datos para verificar la efectividad de la herramienta una vez implementada. Se midió nuevamente la cantidad de desperdicio por rollo y se obtuvo una reducción significativa en la media de desperdicio. En fajillas bajó un 14.3% y en fundas un 43%. Además de reducir la media, el coeficiente de variación en ambos casos también disminuyó, por lo tanto, la dispersión entre los datos fue menor. (*Anexo 22*)

### 8.5. Estandarización de procesos de sellado y precorte de fajillas.

Dado que se pudo identificar que los métodos de trabajo son estadísticamente diferentes e influyen en la cantidad de desperdicio generado, se decidió estandarizar el método de trabajo que debe utilizarse en cada proceso de acuerdo con el que produzca una menor media de desperdicio por rollo. En este caso, para el sellado, el método de trabajo que se utilizó fue el 1 de 30-35 m/s, mientras que para el proceso de precorte fue el método 1 de 45-50 m/s. (*Anexo 23*)

Para evaluar el impacto de estandarizar un solo método, se realizó nuevamente cartas de control con los nuevos datos obtenidos. (*Anexo 24, 25*) Se siguió el procedimiento de pruebas detallado a continuación:

	N	Prueba de normalidad	Valor p	Conclusión
Sellado Fajillas	28	Ryan-Joiner	>0.100	Datos normales
Precorte Fajillas	36	Ryan-Joiner	>0.100	Datos normales

*Tabla 6: Resultados de pruebas de normalidad para datos con mejoras*

Las cartas de control en cada proceso se encontraron bajo control estadístico, por lo tanto, estandarizar el método de trabajo fue efectivo para el comportamiento de los procesos con respecto al desperdicio por rollo.

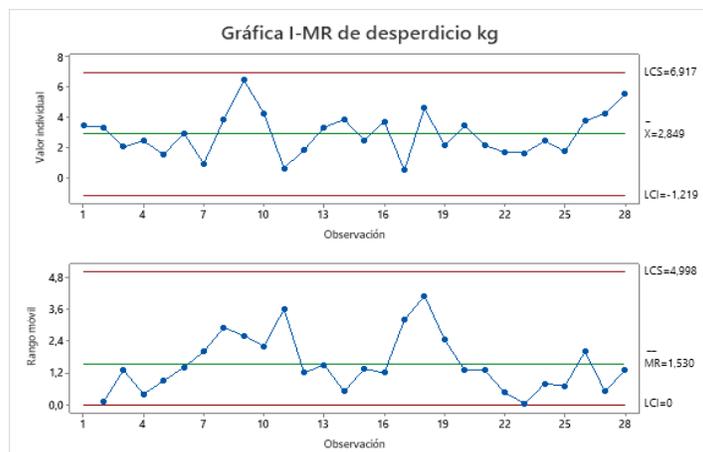


Figura 12: Carta de control I-RM para el peso en Kg de desperdicio en el sellado de fajillas una vez implementadas las mejoras

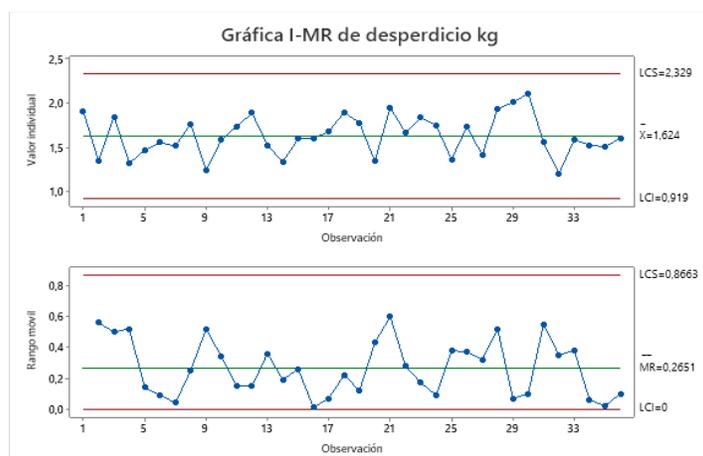


Figura 13: Carta de control I-RM para el peso en Kg de desperdicio en el precorte de fajillas una vez implementadas las mejoras

## 8.6. SMED.

Como se mencionó anteriormente, el proceso que toma más tiempo de preparación y producción es el de extrusión, por esta razón se decidió aplicar un SMED para disminuir el tiempo de preparación de la máquina. (Anexo 26, 27) Como primer paso se enlistó las actividades que tienen que realizar el operador previo a comenzar una nueva producción, se las clasificó como externas (máquina encendida), internas, (máquina detenida) y despilfarro (no agregan valor) y se buscó eliminar las demoras y actividades innecesarias (Lean Six Sigma Institute, 2022). Como

parte de las acciones de mejora tomadas, se implementó una zona de materia prima temporal para que el operador colocó ahí la materia prima que va a utilizar en toda la producción diaria y disminuir los traslados a la bodega (*Anexo 28*). Además, se implementó un sistema en el cual el encargado de producción deja los órdenes diarios en un tablero y así, el operador no tiene que ir a la oficina para retirar la orden cada vez que va a comenzar un nuevo pedido (*Anexo 29*). Posteriormente se buscó transformar las actividades internas a externas, cabe recalcar que en conjunto con el operador se corroboró si efectivamente las actividades podían o no ser transformadas. Se volvió a medir el tiempo y se obtuvo una reducción de 00:35:03 a 00:14:26, por lo que se concluyó que el SMED fue efectivo.

### **8.7. Rediseño del layout.**

Se propuso un rediseño del layout de la planta con el fin de reducir distancias entre las áreas de la empresa y a la vez tiempos de producción. Cabe recalcar que esto se mantuvo únicamente como propuesta, ya que la empresa no lo aprobó por dificultad de logística y que no se podían parar las máquinas debido a la cantidad de órdenes por producir.

El rediseño del layout se realizó con el método Logic and Cut Trees, que da flexibilidad a la hora de mover los departamentos y reducir dimensiones de departamentos en caso de que sea posible (Tompkins, White y Bozer, 2009) (*Anexo 30*). Este método consiste en realizar cortes verticales y horizontales para dividir los departamentos hasta que cada departamento que solo, además se lleva un control de los cortes y las zonas en las que queda cada departamento con un diagrama de árbol de cortes (Tompkins, White y Bozer, 2009). Una vez realizado el rediseño, (*Anexo 31*) se utilizó el software Flexsim para simular el rediseño y comprobar si las distancias se redujeron. La simulación comprobó que hubo una reducción en las distancias recorridas por los

operadores en un 43.18%, lo cual representa una reducción de 5085.11 m a 2889.32 m en total. (Anexo 32)

## 9. FASE CONTROLAR

En esta fase, se creó un plan de control para medir las mejoras de los procesos. El objetivo fue realizar un sistema de control de las mejoras para evitar problemas, defectos o costos innecesarios en el futuro (Carreira, Bill, Trudell, 2006). Es la fase más compleja, ya que se debe lograr que las mejoras implementadas sean permanentes y se logren adaptar a todas las áreas de la empresa.

Como primer paso se reunió a todo el equipo de la empresa, desde los operadores hasta la parte administrativa y se presentó el proyecto realizado, se enfatizó en temas sobre ¿Qué es calidad? Sus principios, su importancia y las herramientas que se pueden usar. Esto con el fin de crear conciencia y fomentar la gestión de calidad en sus actividades diarias. Se diseñó un tríptico informativo en el cual se habló de la importancia de la calidad, el funcionamiento de cada herramienta implementada, cada cuanto tiempo se la debe implementar, además de instrucciones paso a paso para llevar a cabo el SMED, estandarización, etc. (Anexo 33)

Adicionalmente se entregó a la empresa una plantilla en Excel, en donde el encargado de calidad únicamente debe ingresar los datos y automáticamente se podrá generar el tamaño de muestra y las gráficas de control. (Anexo 34) Aquí hay una pestaña de instrucciones en donde se detalla ¿Qué se controla?, el método de medición, ¿Quién? Y ¿Dónde? Se realiza, y la acción correctiva que se puede implementar. (Anexo 35) Finalmente, se dejó una plantilla para realizar un Ishikawa en donde solo se deben ingresar las posibles causas a los problemas. (Anexo 36). Cabe recalcar que el éxito de esta etapa y de todo el proyecto en sí es la colaboración por parte del personal. Es necesario que todo el equipo conozca del tema y esté involucrado con el mismo.

## 10. CONCLUSIONES

Al finalizar con el proyecto y cumplir con todas las fases de la metodología DMAIC se puede concluir que se logró identificar correctamente la causa raíz de los problemas, se atacó a los procesos que más generaban desconformidad en los clientes y se cumplió la fase de implementar. Como se puede observar las mejoras implementadas ayudaron a la reducción de desperdicios y tiempos en la fábrica, esto gracias a un buen análisis de datos, un buen manejo de las herramientas y un pensamiento crítico. También se logró plantear la iniciativa para una buena gestión de calidad en los operadores y todo el personal de Flexofama, ya que como se mencionó en un inicio ellos no conocían ni entendían el concepto de calidad. Después de explicar todo lo que abarca esta área, se creó la iniciativa de mantener en control sus procesos y con un adecuado estándar de calidad.

Como conclusiones específicas, se tiene que el tiempo en cada línea de producción bajó aproximadamente 5h gracias a las mejoras implementadas. El poka yoke permitió que la media de desperdicio en el proceso de fajillas pase de 4.2 kg a 3.59 kg, que equivale a una reducción de 14.3%, en cambio en el proceso de fabricación la media pasó de 3.98 kg a 2.30 kg, lo que equivale a una reducción del 42%. En cuanto a la estandarización de métodos de trabajo se logró mantener los procesos bajo control lo que indica que la variabilidad de los procesos se debe a causas comunes.

Con respecto al tiempo se puede concluir que el tiempo de preparación de la extrusora paso de 00h:35m:00s a 00h:14m:26s. Además, con el rediseño del layout y gracias a la simulación se pudo determinar que efectivamente los altos tiempos de producción se asocian a causas de mucho desplazamiento por la fábrica. La simulación mostró que implementando el

rediseño hay una reducción de distancias del 43.18% lo cual igualmente incurre en tiempos de procesamiento.

## 11. LIMITACIONES

A pesar de que se culminó el proyecto con éxito y se logró completar cada una de las fases del DMAIC, a lo largo del camino existió limitaciones a las que se tuvo que adaptar nuevas ideas. Entre las principales fueron el horario de trabajo, ya que la empresa trabaja 24h, 6 días a la semana, por lo que era complicado permanecer en la fábrica todo el día. Existió una dificultad en la toma de datos. En el caso del subproceso de impresión, no se logró alcanzar el tamaño de muestra, ya que el plan de producción era sumamente variable. Al momento de comenzar el proyecto, este plan ya estaba avanzado y muchos rollos ya estaban impresos y listos para el siguiente proceso.

Otra limitación fue la poca información disponible sobre estudios que implementen mejoras en una empresa con las mismas características a Flexofama. Además, otra de las principales limitaciones fue la falta de conocimiento por parte de la empresa con respecto a la calidad, ya que se tuvo que generar interés y compromiso desde el inicio.

También se puede hablar de la accesibilidad a la empresa, a pesar de que todos ayudaron dentro de lo que estaba a su alcance, hubo complicaciones a medio proyecto debido a que la encargada de calidad renunció en la empresa y se tuvo que realizar de nuevo los permisos debidos. Finalmente, la limitación más grande fue el tiempo, ya que no se pudo medir más datos una vez implementadas las mejoras para verificar si funcionan a largo plazo, y hacer estudios más amplios que abarquen todas las áreas de la empresa.

## 12. RECOMENDACIONES

Como recomendaciones finales para la empresa se enfatiza en realizar un análisis de calidad para las diferentes familias de producción, ya que este estudio se enfocó únicamente en la línea de producción de las fajillas y de las fundas. Para lograr una buena gestión de calidad completa se deben evaluar todas las áreas y procesos de la empresa, así como también implementar las mejoras a todas las máquinas existentes. Adicionalmente, se recomienda capacitar al personal en cuanto a temas de calidad para que así se involucren y la cultura de calidad esté presente en la empresa. Es fundamental contar con todo el personal y que su participación sea activa.

Se recomienda profundizar en temas de seguridad, salud y ambiente, ya que al estar en la planta es evidente la cantidad de riesgos que existen tanto para el operador como para el medio ambiente. Sería bueno tomar medidas urgentes en este tema para evitar accidentes. Finalmente, se recomienda cambiar el layout de la empresa haciendo un análisis económico, ya que como demostró los resultados estos son efectivos.

### 13. REFERENCIAS

- Boucher, M. (2012). Preventing Lean Six Sigma failures. *Canadian HR Reporter*, 25(6), 15.  
<https://search.proquest.com/docview/1010326702?accountid=36555>
- Camino Mogro, S., Armijos Yambay, M., Parrales Guerrero, K. & Herrera Páltan, L. (2022, enero). La eficiencia de las empresas manufactureras en el Ecuador. [Tesis de grado] Superintendencia de compañías, valores y seguros dirección nacional de investigación y estudios.
- Carreira, Bill, and Bill Trudell. *Lean Six Sigma That Works : A Powerful Action Plan for Dramatically Improving Quality, Increasing Speed, and Reducing Waste*, AMACOM, 2006. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral-proquest-com.ezbiblio.usfq.edu.ec/lib/usfq/detail.action?docID=1350174>.
- Casal, J. & Mateu, E. (2003). *Tipos de Muestreo* [Tesis de maestría]. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Deming, W.E. (1991), *Calidad, productividad y competitividad*, Madrid, Díaz de Santos
- Guo, W., Jiang, P., Xu, L., & Peng, G. (2019). Integration of value stream mapping with DMAIC for concurrent Lean-Kaizen: A case study on an air-conditioner assembly line. *Advances in Mechanical Engineering*, 11(2), DOI: 1687814019827115.
- Gutiérrez, H. & De la Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. México, D.F., México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V

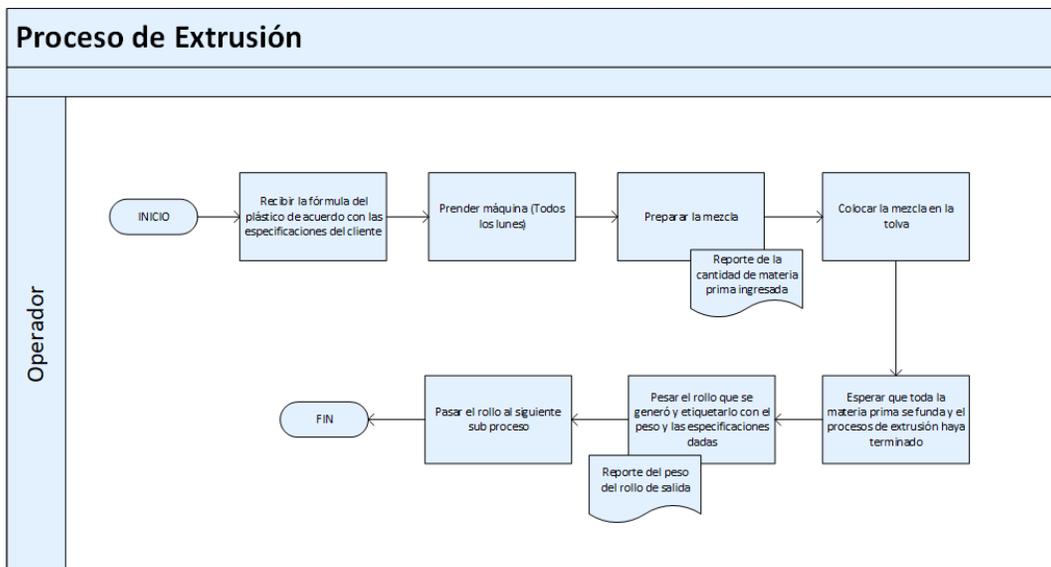
- Habidin, N. F. (2013). Critical success factors of Lean Six Sigma for the Malaysian automotive industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, 4(1) Recuperado el 15 de Septiembre de: <https://doi.org/10.1108/20401461311310526>
- Holguín, A., Rivera, W. & Navarrete, D. (2008). Diseño Experimental para el Mejoramiento de la Calidad: Optimización de la línea de producción Bühler 600 de fideo laminado formato fantasía en la empresa Fideos PACA [Tesis de grado]. Universidad San Francisco de Quito.
- Lean Six Sigma Institute. (2022). Recuperado 18 de octubre de 2022, de <https://lssi.academyofmine.net>
- Mader, D. P. (2008). Lean Six Sigmas 's Evolution. Quality Progress.
- Morton-Jones, D. (2004). Procesamiento de Plásticos. En D. Morton-Jones, Procesamiento de Plásticos. México D.F.: Editorial Limusa.
- Moscoso Chaparro, J. & Yalan Reyes, A. (2015). Mejora de la calidad en el proceso de fabricación de plásticos flexibles utilizando Six Sigma [Tesis de grado]. Universidad San Martín de Porres.
- Muhammad Hamad Sajjad, Khawar Naeem, Muhammad Zubair, Qazi Muhammad Usman Jan, Sikandar Bilal Khattak, Muhammad Omair & Rashid Nawaz | (2021) Waste reduction of polypropylene bag manufacturing process using Six Sigma DMAIC approach: A case study, *Cogent Engineering*, 8:1, 1896419, DOI: 10.1080/23311916.2021.1896419
- Niebel, W. & Freivalds, A. (2009). Ingeniería Industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo (Duodécima edición). Mc Graw Hill. ISBN 978-970-10-6962-2

- Obando, J. & Camacho, C. (2021). Implementación de la metodología DMAIC en una empresa láctea: reducción de defectos y tiempo del proceso productivo. [Tesis de grado]. Universidad San Francisco.
- Paredes Leica, N. M. (2019). PLAN DE MEJORA DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA ELABORACIÓN DE TELAS EN LA EMPRESA PRODUTEXTEI CÍA. LTDA [Tesis de grado]. Universidad Técnica de Ambato.
- Petersen, L., Minkkinen, P. & Esbensen, K. (2004.). Representative sampling for reliable data analysis: Theory of Sampling [Tesis de grado]. Lappeenranta University of Technology Finland.
- PLAS, M. (5 de 8 de 2017). maquinplast.com. Recuperado el 28 de Septiembre de: <https://maquinplast.com/inicio/>
- Plásticos, A. E. (2022). ASOCIACION ECUATORIANA DE PLASTICOS. Recuperado 1 de octubre de 2022, de <https://www.aseplas.ec/>
- Reyes, S. (2019). Universidad de Galileo, Recuperado el 16 de Septiembre de: <https://www.galileo.edu/trends-innovation/que-es-ingenieria-industrial/>
- Rumana InayatHusen, P. (2015). Reducing different type of wastage in plastic bag making process and improving productivity using Six Sigma DMAIC methodology [Tesis de maestría]. G. H. Patel College of Engineering and Technology.
- Serrano Torres, G. & Ruiz Coba, F. (2018). Aplicación de la metodología Lean Six Sigma en una empresa de lácteos: Caso de estudio en la fabricación de quesos frescos, queso mozzarella y mantequilla [Tesis de maestría]. Universidad San Francisco de Quito.

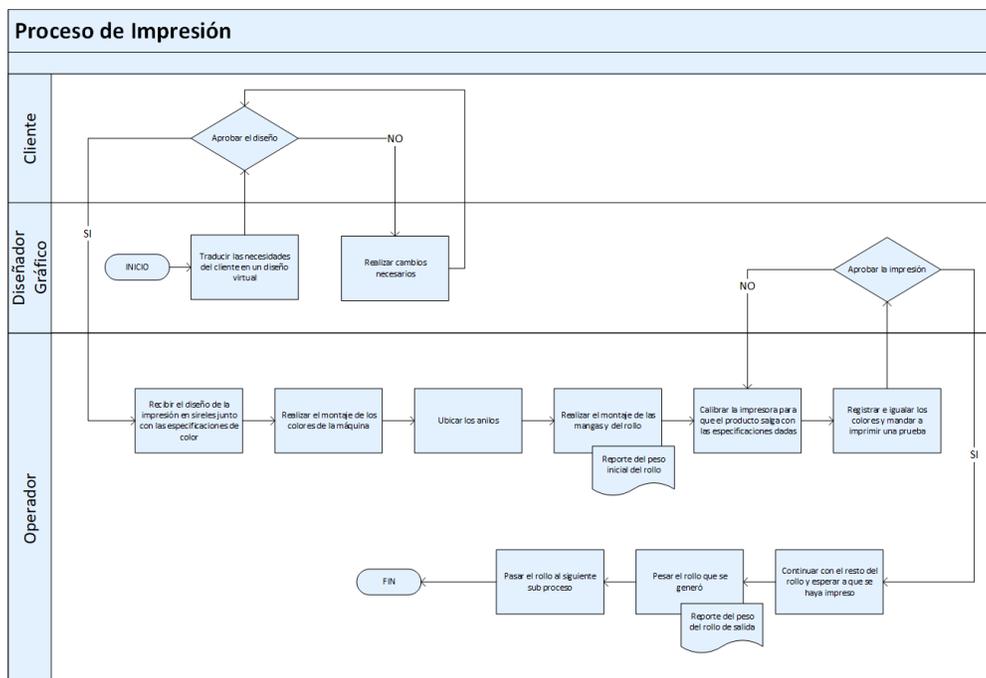
- Shahriar, M. M., Parvez, M. S., Islam, M. A. & Talapatra, S. (2022). Implementation of 5S in a plastic bag manufacturing industry: A case study. *ScienceDirect*. Recuperado 20 de agosto de 2022, de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2666790822000933?token=0653BBDC66311EFF1222B7647518F2EAE1C0F4B2ED64F180EC754BB71B886AF599F9945B7DFCA755284521D99157A0AF&originRegion=us-east-1&originCreation=20220928215812>
- Tompkins, J., White, J. y Bozer, Y. (2009). Planeación de Instalaciones. Cuajimalpa de Morelos, Mexico: Cengage Learning Editores
- Verma, & Abdel-Salam, A.-S. G. (2019). Testing statistical assumptions in research (1st edition). Wiley.

## 14. ANEXOS

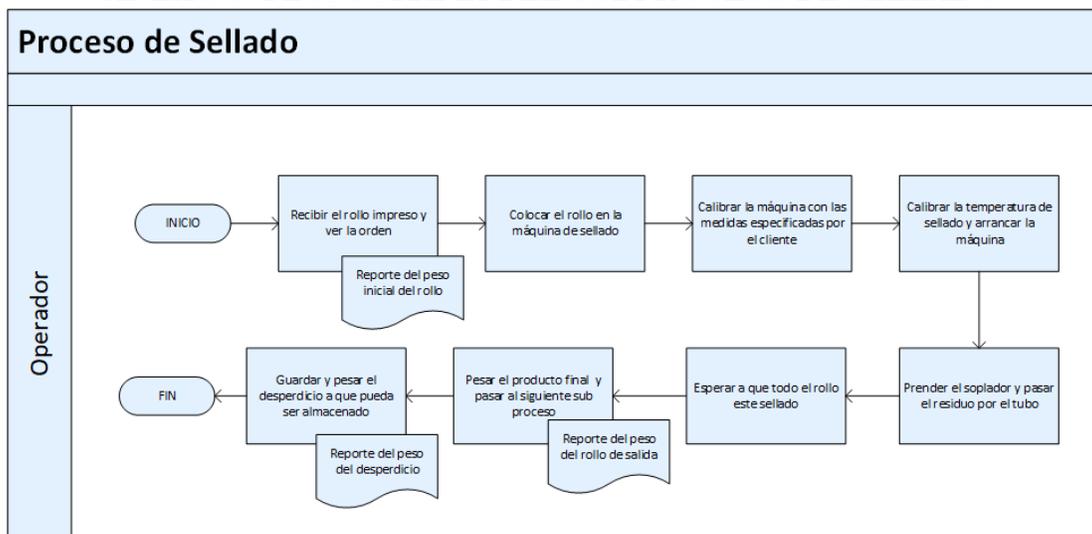
### ANEXO 1: FLUJOGRAMA DEL SUBPROCESO DE EXTRUSIÓN



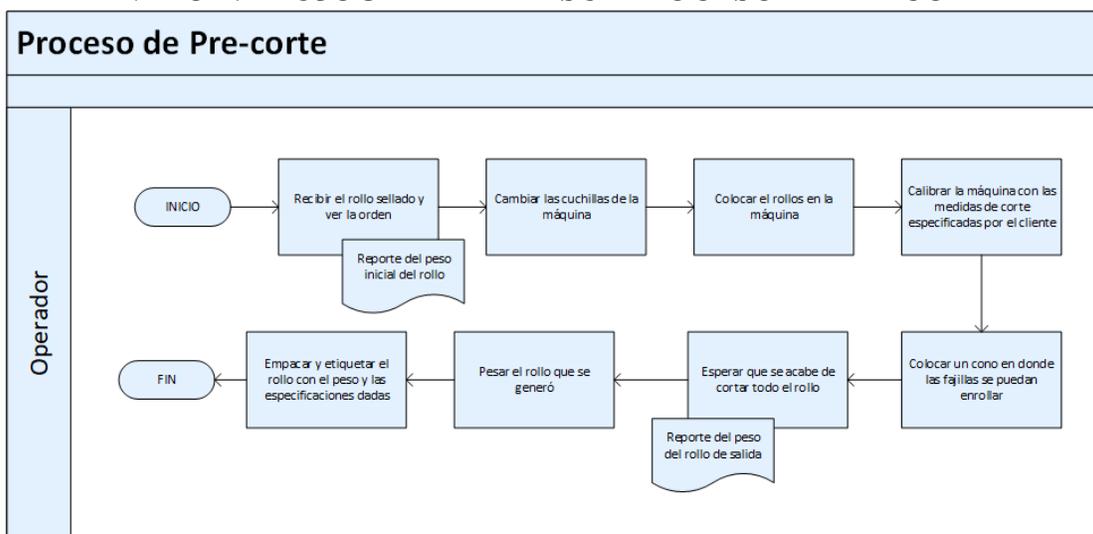
### ANEXO 2: FLUJOGRAMA DEL SUBPROCESO DE IMPRESIÓN



### ANEXO 3: FLUJOGRAMA DEL SUBPROCESO DE SELLADO



### ANEXO 4: FLUJOGRAMA DEL SUBPROCESO DE PRECORTE



**ANEXO 5: IMÁGENES DE LA MÁQUINA IMPRESORA**



**ANEXO 6: IMÁGENES DE LA MÁQUINA DE PRECORTE**



### ANEXO 7: MÁQUINA DE SELLADO



### ANEXO 8: MÁQUINA EXTRUSORA

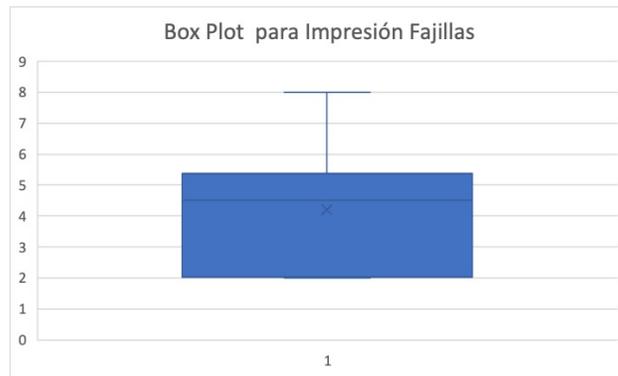
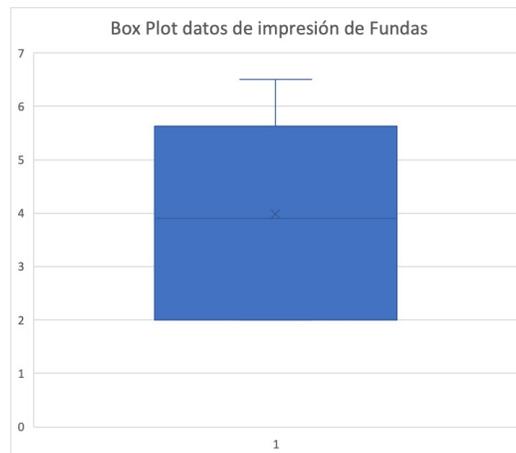


## ANEXO 9: TABLA DE TIEMPOS DE CICLO GENERAL ELECTRIC

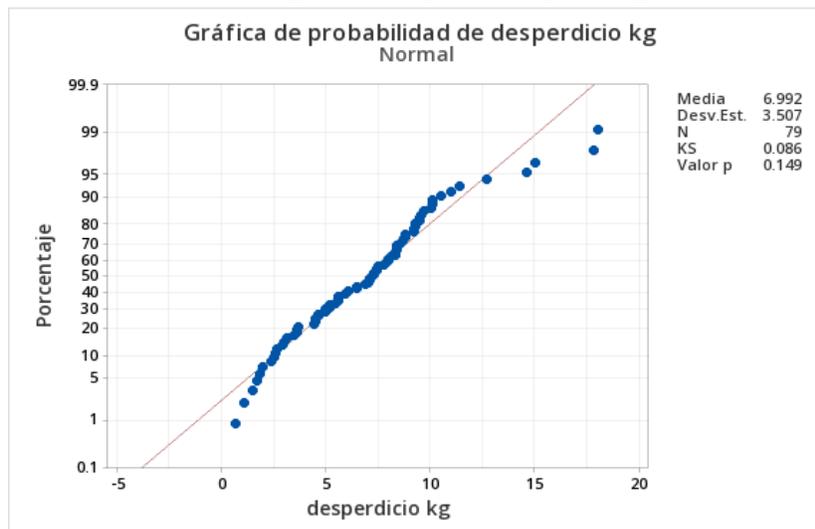
Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

## ANEXO 10: TIEMPOS DE CADA PROCESO

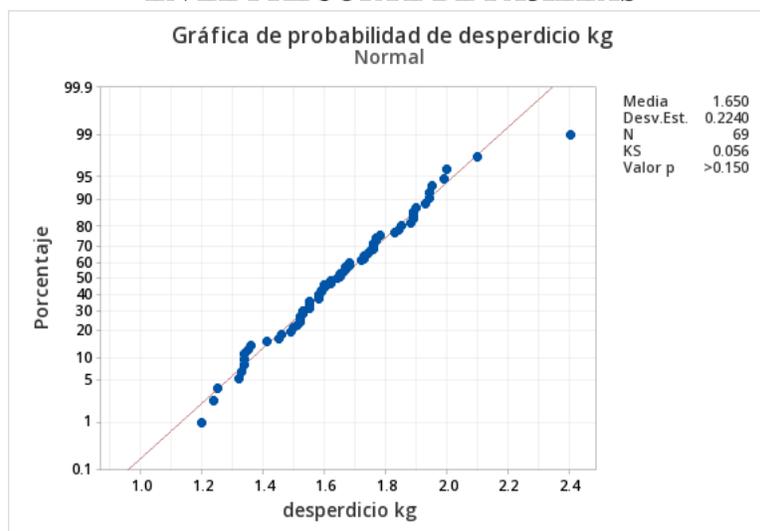
	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Promedio	Desviación estándar
<b>Extrusión</b>					
Prender y Calentar máquina	3:00:00	3:02:34	2:58:16	3:00:17	0:02:10
Preparar mezcla de resinas	0:25:13	0:27:31	0:30:28	0:27:44	0:02:38
Poner mezcla en la tolva y arrancar el proceso	0:04:34	0:05:16	0:05:02	0:04:57	0:00:21
Producción del rollo	4:12:39	4:10:46	4:00:18	4:07:54	0:06:39
Pesar	0:06:32	0:05:49	0:06:02	0:06:08	0:00:22
Poner en zona de descarga	0:01:56	0:02:12	0:02:24	0:02:11	0:00:14
<b>Total</b>				<b>7:49:11</b>	<b>1:41:18</b>
				<b>4:48:54</b>	
<b>Impresión</b>					
Montaje de la tinta	0:40:16	0:39:30	0:43:02	0:40:56	0:01:52
Ubicar anillos	0:18:24	0:19:25	0:22:53	0:20:14	0:02:21
Montar mangas	0:04:55	0:05:06	0:05:33	0:05:11	0:00:20
Calibrar presión	0:09:40	0:10:20	0:10:45	0:10:15	0:00:33
Registrar colores	0:22:50	0:24:38	0:22:16	0:23:15	0:01:14
Igualar colores	0:18:28	0:18:12	0:20:08	0:18:56	0:01:03
Esperar aprobación	0:02:10	0:02:35	0:02:42	0:02:29	0:00:17
Producción del rollo	0:32:11	0:35:23	0:31:14	0:32:56	0:02:10
Desmontar y pesar rollo	0:03:45	0:04:02	0:04:20	0:04:02	0:00:18
Traslado a zona de sellado	0:01:13	0:01:34	0:01:20	0:01:22	0:00:11
<b>Total</b>				<b>2:39:37</b>	<b>0:13:13</b>
			Total para un mismo producto	<b>1:14:01</b>	
<b>Sellado</b>					
Montar rollo	0:01:15	0:00:56	0:00:53	0:01:01	0:00:12
Calibrar medidas y doblado	0:01:26	0:01:35	0:01:39	0:01:33	0:00:07
Calibrar sensor	0:01:22	0:01:36	0:01:32	0:01:30	0:00:07
Calibrar Temperatura	0:01:02	0:01:21	0:01:12	0:01:12	0:00:10
Producción del rollo	2:30:16	2:33:58	2:25:10	2:29:48	0:04:25
Ubicar residuo en sopladora	0:00:35	0:00:26	0:00:32	0:00:31	0:00:05
Sacar rollo, pesar y anotar peso	0:02:36	0:02:25	0:02:15	0:02:25	0:00:11
Guardar y pesar residuos	0:03:50	0:03:41	0:03:45	0:03:45	0:00:05
<b>Total</b>				<b>2:41:46</b>	<b>0:50:03</b>
			Total para un mismo producto	<b>2:40:34</b>	
<b>Precorte</b>					
Ver ordenes	0:02:16	0:02:32	0:02:20	0:02:23	0:00:08
Cambio de cuchillas	0:05:02	0:04:52	0:05:00	0:04:58	0:00:05
Montar el rollo	0:01:29	0:02:21	0:01:49	0:01:53	0:00:26
Calibrar corte	0:03:42	0:03:10	0:03:29	0:03:27	0:00:16
Corte del cono y aplicación	0:01:16	0:00:50	0:00:49	0:00:58	0:00:15
Producción del rollo	0:42:24	0:45:02	0:49:23	0:45:36	0:03:32
Pesar	0:02:15	0:02:29	0:02:10	0:02:18	0:00:10
Empacar	0:03:24	0:03:49	0:03:28	0:03:34	0:00:13
Pegar etiqueta y escribir	0:02:42	0:02:35	0:02:23	0:02:33	0:00:10
<b>Total</b>				<b>1:07:40</b>	<b>0:13:48</b>
			Total para un mismo producto	<b>1:02:42</b>	

**ANEXO 11: BOXPLOT PARA LA IMPRESIÓN DE FAJILLAS****ANEXO 12: BOXPLOT PARA LA IMPRESIÓN DE FUNDAS**

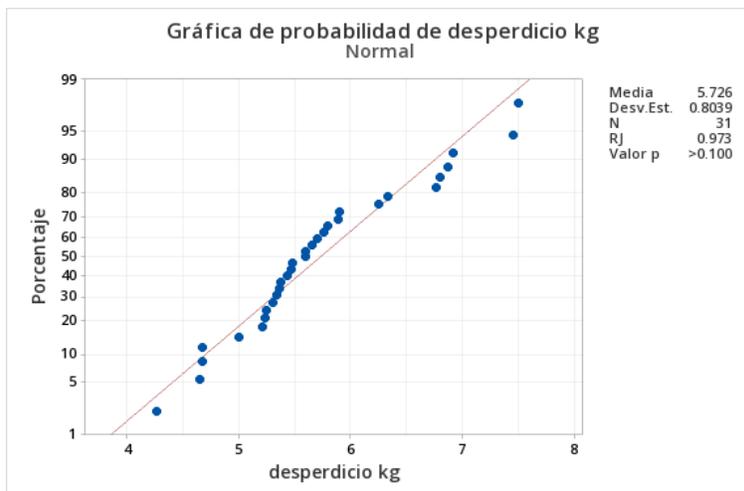
### ANEXO 13: PRUEBA DE NORMALIDAD PARA EL PESO EN KG DE DESPERDICIO EN EL SELLADO DE FAJILLAS



### ANEXO 14: PRUEBA DE NORMALIDAD PARA EL PESO EN KG DEL DESPERDICIO EN EL PRECORTE DE FAJILLAS

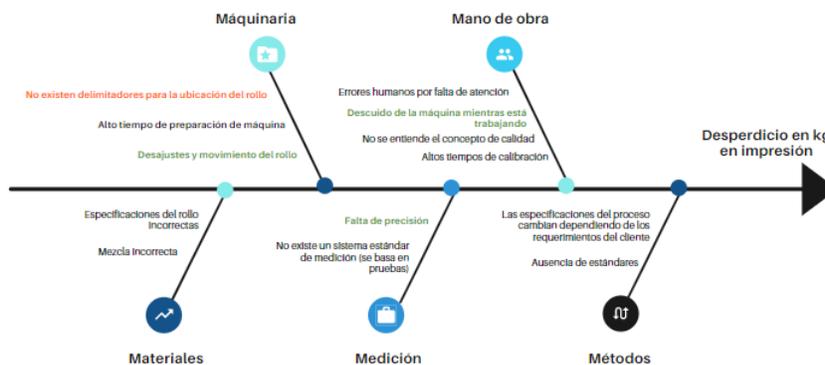


### ANEXO 15: PRUEBA DE NORMALIDAD PARA EL PESO EN KG DEL DESPERDICIO EN EL SELLADO/CORTE DE FUNDAS

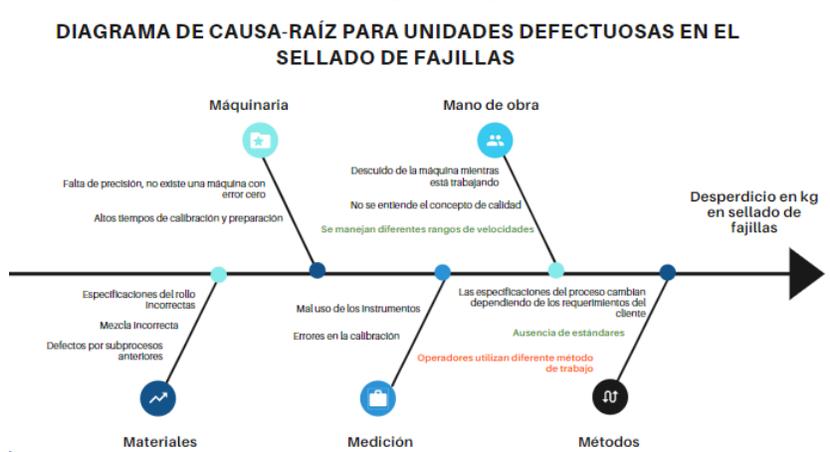


### ANEXO 16: DIAGRAMA DE CAUSA-RAÍZ PARA PROCESO DE IMPRESIÓN

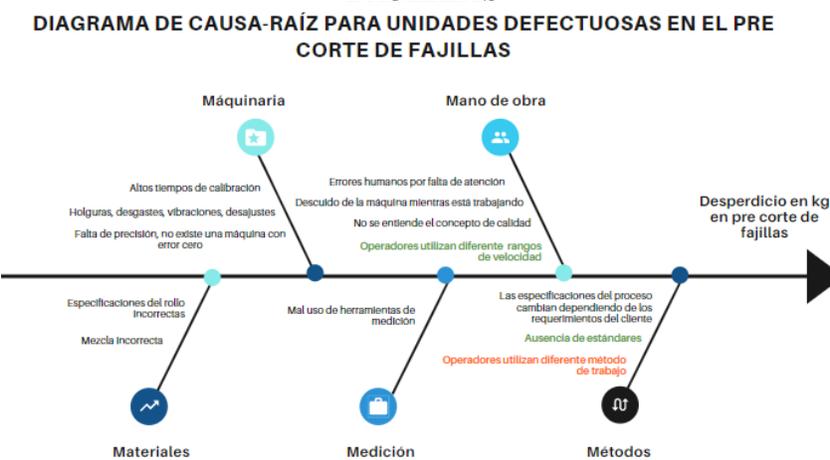
DIAGRAMA DE CAUSA-RAÍZ PARA PROCESO DE IMPRESIÓN



### ANEXO 17: DIAGRAMA DE CAUSA-RAÍZ PARA PROCESO DE SELLADO DE FAJILLAS



### ANEXO 18: DIAGRAMA DE CAUSA-RAÍZ PARA PROCESO DE PRE-CORTE DE FAJILLAS



### ANEXO 19: DIAGRAMA 5 WHY'S 1 HOW

## 5 WHY'S:

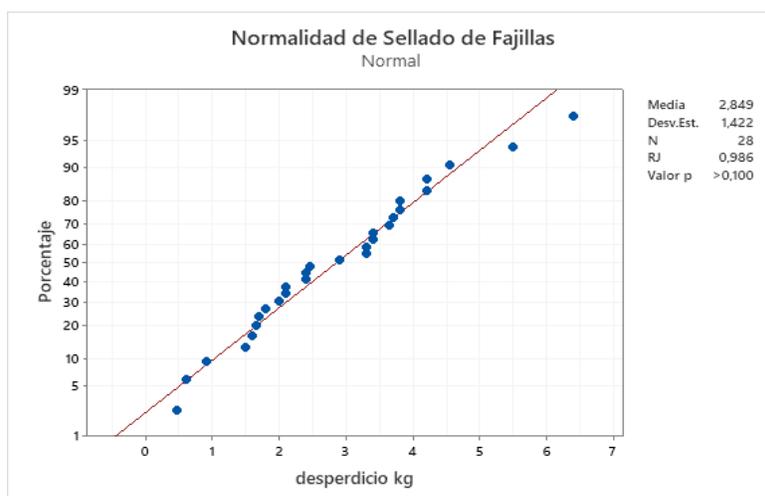


1 HOW: REDUCCIÓN DE DISTANCIAS Y ELIMINACIÓN DE ACTIVIDADES QUE NO AGREGAN VALOR

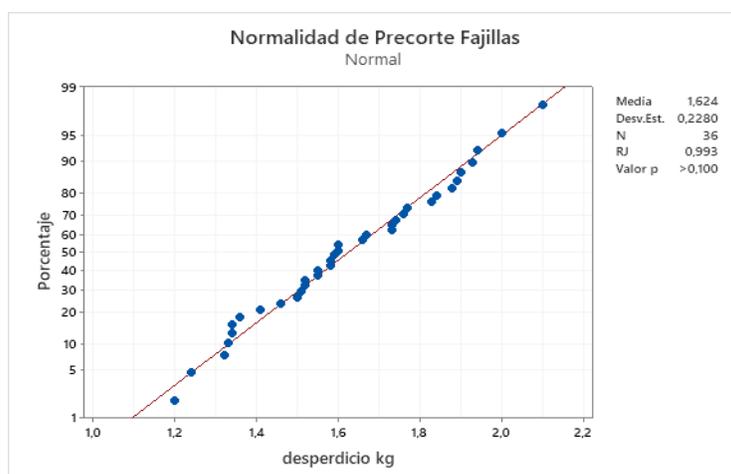
## ANEXO 20: ANÁLISIS DE VALOR AGREGADO

Análisis de Valor Agregado Flexofama S.A. Proceso de producción de fajillas y fundas de polietileno										
Proceso	Nº	Actividades	VA		NVA					Tiempo
			VAC	VAE	P	I	E	M	A	Minutos
Extrusión	1	Prender y Calentar máquina								3:01:08
	2	Preparar mezcla de resinas								0:28:12
	3	Poner mezcla en la tolva y arrancar el proceso								0:04:50
	4	Producción del rollo								4:08:18
	5	Pesar								0:06:14
Impresión	6	Poner en zona de descarga							x	0:02:21
	7	Montaje de la tinta								0:40:58
	8	Ubicar anillos								0:20:11
	9	Montar mangas								0:05:09
	10	Calibrar presión								0:10:20
	11	Registrar colores								0:22:38
	12	Igualar colores								0:19:25
	13	Esperar aprobación								0:02:29
	14	Producción del rollo								0:32:29
	15	Control de Calidad Inicio/Fin								0:02:31
16	Desmontar y pesar rollo								0:04:06	
Sellado Fajillas	17	Traslado a zona de sellado								0:01:25
	18	Montar rollo								0:01:13
	19	Calibrar medidas y doblado								0:01:31
	20	Calibrar sensor								0:01:30
	21	Calibrar Temperatura								0:01:15
	22	Producción del rollo								2:30:01
	23	Control de Calidad Inicio/Fin								0:00:44
	24	Ubicar residuo en sopladora								0:00:28
	25	Sacar rollo, pesar y anotar peso								0:02:25
	26	Guardar y pesar residuos								0:04:16
Sellado/Corte Fundas	27	Montar rollo								0:03:29
	28	Calibrar medidas y doblado								0:02:43
	29	Calibrar sensor								0:01:42
	30	Calibrar Temperatura								0:01:13
	31	Producción del rollo								2:32:26
	32	Control de Calidad Inicio/Fin								0:00:38
	33	Empacar y anotar peso								0:02:20
	34	Guardar y pesar residuos								0:05:22
Precorte	35	Ver ordenes								0:02:24
	36	Cambio de cuchillas								0:05:05
	37	Montar el rollo								0:01:47
	38	Calibrar corte								0:03:28
	39	Corte del cono y aplicación								0:01:02
	40	Producción del rollo								0:46:08
	41	Control de Calidad Inicio/Fin								0:01:24
	42	Pesar								0:02:21
	43	Empacar								0:03:33
	44	Pegar etiqueta y escribir								0:02:37
Tiempo de Proceso Fajillas										14:25:55
Tiempo de proceso Fundas										13:22:34
Tiempo VA Fajillas										13:43:46
Tiempo NVA Fajillas										0:42:08
Tiempo VA Fundas										12:48:19
Tiempo NVA Fundas										0:34:15
Índice de VA Fajillas										95.13%
Índice VA Fundas										95.73%



**ANEXO 23: ESTANDARIZACIÓN DEL MÉTODO DE TRABAJO****ANEXO 24: PRUEBA DE NORMALIDAD PARA EL PESO (KG) DE DESPERDICIO EN EL SELLADO DE FAJILLAS UNA VEZ IMPLEMENTADAS LAS MEJORAS**

## ANEXO 25: PRUEBA DE NORMALIDAD PARA EL PESO (KG) DEL DESPERDICIO EN EL PRECORTE DE FAJILLAS UNA VEZ IMPLEMENTADAS LAS MEJORAS



## ANEXO 26: SMED ACTUAL

Lista de Actividades	Actividades			Tiempos			Plan de mejora	
	E (Máquina parada o en marcha)	I (máquina parada)	D	Tiempo Inicio	Tiempo Final	Duración		
Ir a ver las ordenes en la oficina			X	0:00:00	0:09:22	0:09:45	Que el encargado de producción deje las ordenes en la planta	D
Revisar los materiales necesarios para la mezcla			X	0:09:45	0:11:46	0:02:01	Que el encargado de producción deje las ordenes en la planta	D
Traer de bodega los materiales necesarios			X	0:11:46	0:22:58	0:11:12	Colocar la bodega más cerca a la zona de extrusión	D
Abrir los costales de resina			X	0:22:58	0:24:33	0:01:35		D
Pesar y colocar la resina 1 en la tolva de acuerdo a la orden		X		0:24:33	0:25:50	0:01:17		I
Pesar y colocar la resina 2 en la tolva de acuerdo a la orden		X		0:25:50	0:27:28	0:01:38		I
Pesar y colocar la resina 3 en la tolva de acuerdo a la orden		X		0:27:28	0:29:14	0:01:46		I
Calibrar temperatura		X		0:29:14	0:30:06	0:00:52	Realizar las calibraciones que se puedan con la máquina encendida	I
Calibrar la velocidad		X		0:30:06	0:32:16	0:02:10		I
Calibrar el espesor	X			0:32:16	0:34:32	0:02:16		E
Ubicar las cuchillas para cortar el rollo		X		0:34:32	0:35:03	0:00:31		I

### ANEXO 27: SMED MEJORADO

Lista de Actividades	Actividades			Tiempos			Plan de mejora
	E (Máquina parada o en marcha)	I (máquina parada)	D	Tiempo Inicio	Tiempo Final	Duración	
Revisar los materiales necesarios para la mezcla			X	0:00:00	0:02:21	0:02:21	D
Abrir los costales de resina			X	0:02:21	0:03:56	0:01:35	D
Pesar y colocar la resina 1 en la tolva de acuerdo a la orden		X		0:03:56	0:05:13	0:01:17	I
Pesar y colocar la resina 2 en la tolva de acuerdo a la orden		X		0:05:13	0:06:51	0:01:38	I
Pesar y colocar la resina 3 en la tolva de acuerdo a la orden		X		0:06:51	0:08:37	0:01:46	I
Ubicar las cuchillas para cortar el rollo		X		0:08:37	0:09:08	0:00:31	I
Calibrar temperatura	X			0:09:08	0:10:00	0:00:52	E
Calibrar la velocidad	X			0:10:00	0:12:10	0:02:10	E
Calibrar el espesor	X			0:12:10	0:14:26	0:02:16	E

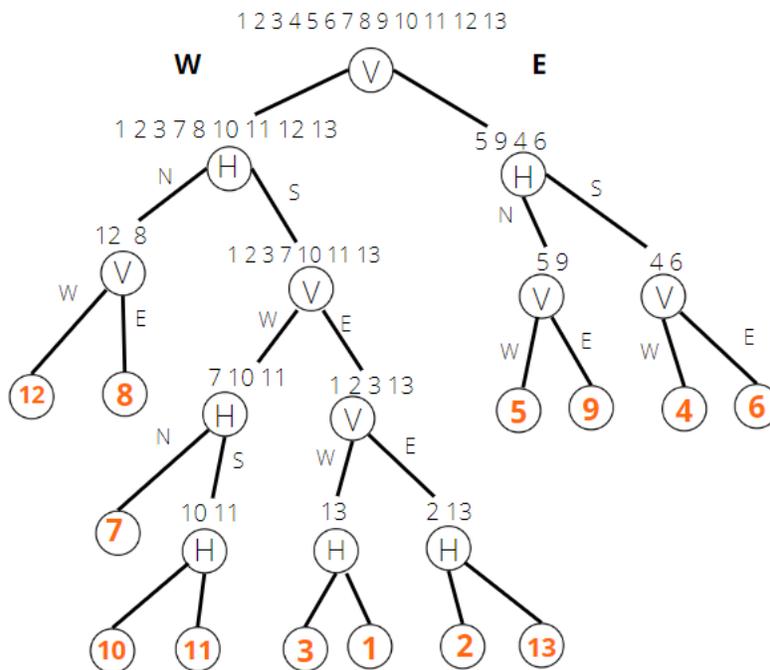
### ANEXO 28: ZONA DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL



### ANEXO 29: ZONA PARA COLOCAR LAS ORDENES

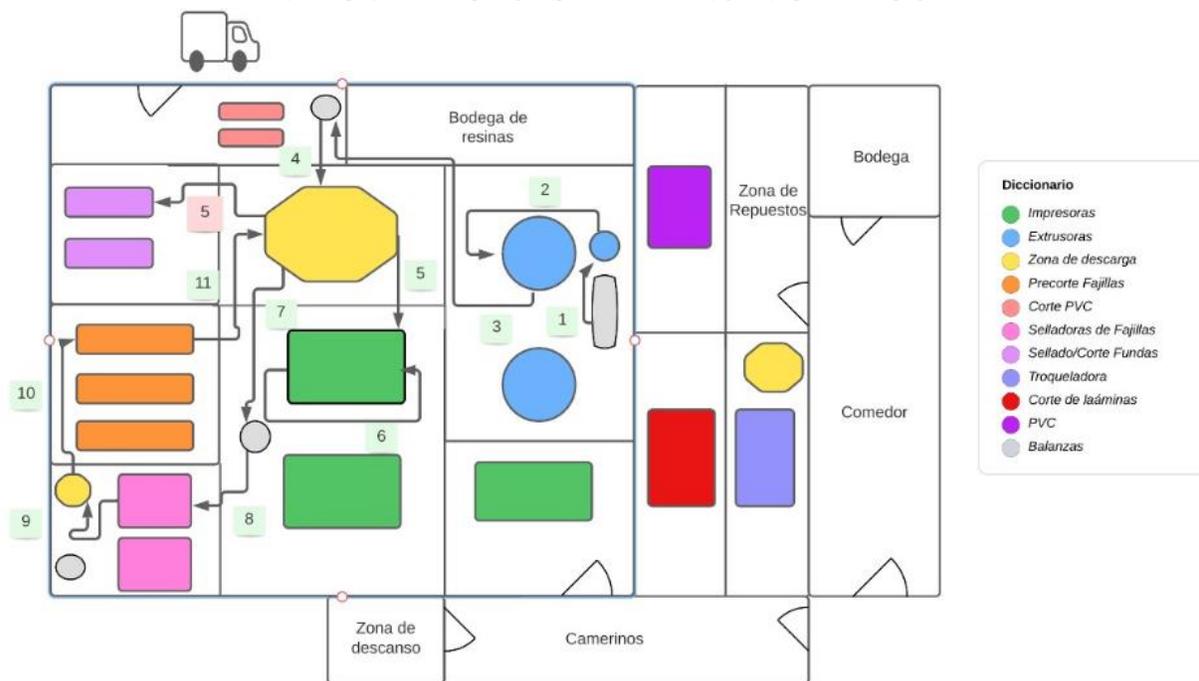


### ANEXO 30: MÉTODO LOGIC AND CUT TREES PARA EL REDISEÑO DEL LAYOUT



(TOMPKINS, WHITE Y BOZER, 2009)

### ANEXO 31: PROPUESTA DEL NUEVO LAYOUT



## ANEXO 32: RESULTADOS DE DISTANCIAS CON UN NUEVO LAYOUT

PROCESO	ANTES (M)	DESPUÉS (M)
EXTRUSION	729.44	745.04
IMPRESIÓN	495.98	924.11
SELLADO FAJILLAS	3313.44	504.51
PRECORTE FAJILLAS	546.25	715.66
TOTAL	5085.11	2889.32

## ANEXO 33: TRÍPTICO

### 7 principios de un sistema de gestión de calidad

1. Enfoque en el cliente.
2. Liderazgo.
3. Compromiso de los equipos.
4. Integración.
5. Proceso de mejoramiento continuo.
6. Decisión basada en evidencia.
7. Gestión de relaciones.

### ¿Cómo hacerlo?

#### Capacitaciones

La encargada de calidad capacitará al personal **trimestralmente** sobre que es lo que es importante para garantizar la calidad en Flexofama.



### Plan de control para la gestión de calidad en Flexofama



**Importancia de la gestión de calidad**

Implementar un sistema de gestión de calidad permite:

- Documentar procesos para optimizar actividades
- Mantener la efectividad en las operaciones
- Lograr la satisfacción del cliente
- Crear un entorno de trabajo basado en la mejora continua
- Proporciona una estructura para hacer las cosas de manera adecuada, eficiente y efectiva

**REALIZADO POR:**  
MARÍA EMILIA ARAUJO  
MATÍAS BRAVO

### Cartas de control

Las cartas de control se utilizan para verificar la estabilidad de un proceso y reducir la variabilidad del mismo.

Se debe realizar cada 6 meses para garantizar que los procesos se mantengan bajo control.

NOTA: En el Excel entregado hay indicaciones para realizar las respectivas pruebas

### Estandarización

Que todos los procesos se asemejen a un tipo, modelo o norma en común.

**PRECORTE DE FAJILLAS**  
MÉTODO 1  
45 - 50

**SELLADO DE FAJILLAS**  
MÉTODO 1  
30 - 35

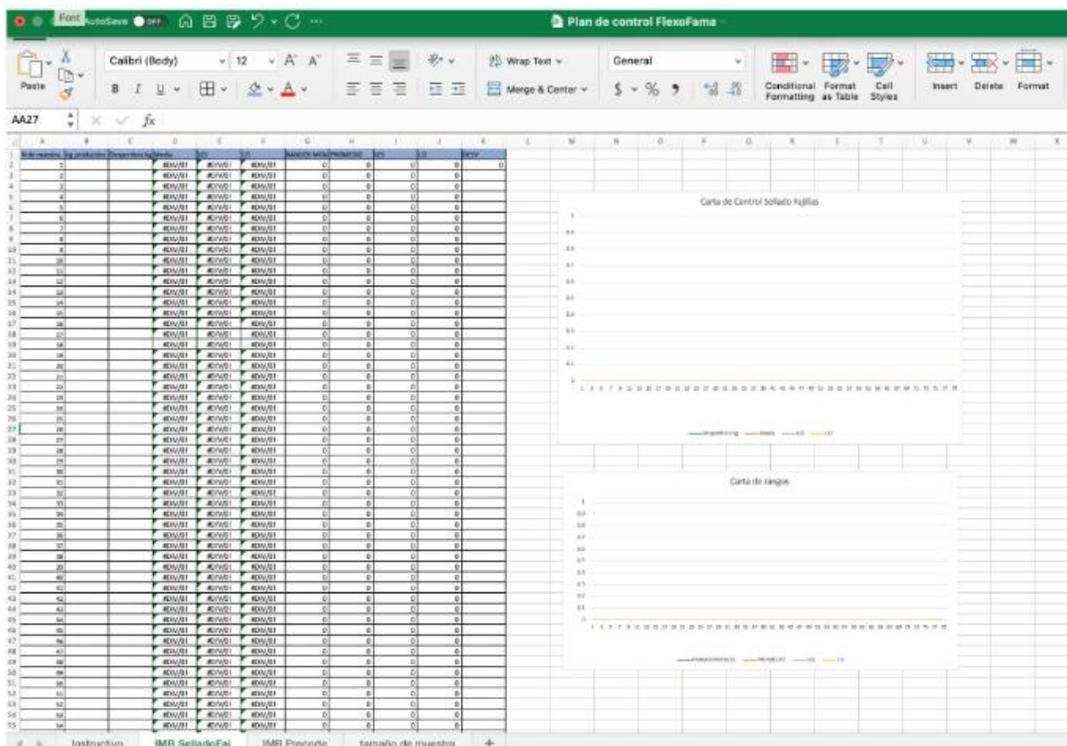
### SMED

1. Analizar las operaciones del Tiempo de preparación y categorizarlas como internas (máquina parada), externas (máquina en marcha) y despilfarro (no añade valor)
2. Descontinuar las operaciones de despilfarro
3. Transformar operaciones internas en externas  
Realizar las externas antes o después del tiempo de preparación
4. Mejorar la preparación interna remanente
5. Mejorar la preparación externa remanente
6. Medir el tiempo y comparar con el inicial

Aplicar cuando el tiempo de preparación de la máquina sea muy alto. Sirve para cualquier proceso dentro de la empresa

**MARÍA EMILIA ARAUJO - 0992741389**  
**MATÍAS BRAVO - 0969658863**

### ANEXO 34: PLANTILLA EXCEL PARA REALIZAR CARTAS DE CONTROL



### ANEXO 35: INSTRUCCIONES DENTRO DEL EXCEL

Proceso			Proceso de medición			Muestreo			Toma de decisiones				
Paso del proceso	¿Qué controlamos?	Crítico	Entrada / Salida	Límites de especificación / Requerimientos	Método de medición	Lugar	Método de Control	Tamaño de muestra	Frecuencia	Quién o qué lo mide	Dónde se registra	Regla de decisión / Acción correctiva	No. Doc.
Sellado de Fajillas/Fundas	El desperdicio por rollo	Si	Salida	-	Peso de desperdicio	Zona de sellado	Carta I-RM	Fórmula para promedios	Producción (varia)	Operadores	Reporte de orden	Si hay un problema fuera de lo común, comunicar al gerente de calidad para entender la causa del problema con un Ishikawa	Plan de Control.xls
Precorte de Fajillas/Fundas	Desperdicio por cada rollo	Si	Salida	-	Peso de desperdicio	Zona de Precorte	Carta I-RM	Fórmula para promedios	Producción (varia)	Operadores	Reporte de orden	Si hay un problema fuera de lo común, comunicar al gerente de calidad para entender la causa del problema con un Ishikawa	Plan de Control.xls
Impresión Fundas/ Fajillas	Desperdicio por cada rollo	Si	Salida	-	Peso de desperdicio	Zona de impresión	Carta I-RM	Fórmula para promedios	Producción (varia)	Operadores	Reporte de orden	Si hay un problema fuera de lo común, comunicar al gerente de calidad para entender la causa del problema con un Ishikawa	Plan de Control.xls

**ANEXO 36: PLANTILLA PARA REALIZAR DIAGRAMA CAUSA-RAÍZ****TÍTULO:**