



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Proyecto técnico previo a la obtención del título de**

**Ingeniería Industrial**

Título: Propuesta de mejora continua para reducir el nivel

de scrap en la elaboración de rollos en una industria

de manufactura de empaques flexibles.

Title: Proposal for continuous improvement to reduce the level

of scrap in the elaboration of rolls in an industry of manufacture

of flexible packaging.

**Autor:**

**Erick Saul Solano Collaguazo**

**Director:**

**Ing. Tania Rojas**

Guayaquil, agosto de 2022

**DECLARACION DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIA**

Yo, Erick Saul Solano Collaguazo, con cedula de ciudadanía No. 0924341464, declaro que soy el único autor de este trabajo de titulación titulado “Propuesta de mejora continua para reducir el nivel de scrap en la elaboración de rollos en una industria de manufactura de empaques flexibles”. Los conceptos aquí desarrollados, evaluación realizada y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.



---

**Erick Saul Solano Collaguazo**  
**C.C. No.: 0924341464**

## DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Quien suscribe, en calidad de autor del trabajo de titulación titulado “Propuesta de mejora continua para reducir el nivel de scrap en la elaboración de rollos en una industria de manufactura de empaques flexibles”, por medio de la presente, autorizo a la UNIVESIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR a que haga uso parcial o total de esta obra con fines académicos o de investigación.



---

**Erick Saul Solano Collaguazo**  
**C.C. No.: 0924341464**

## DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Quien suscribe, en calidad de director del trabajo de titulación titulado “Propuesta de mejora continua para reducir el nivel de scrap en la elaboración de rollos en una industria de manufactura de empaques flexibles”, desarrollado por el estudiante Erick Saul Solano Collaguazo, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, por medio de la presente certifico que el documento cumple con los requisitos establecidos en el Instructivo para la Estructura y Desarrollo de Trabajos de Titulación para pregrado de la Universidad Politécnica Salesiana. En virtud de lo anterior, autorizo su presentación y aceptación como una obra auténtica y de alto valor académico.

Dado en la ciudad de Guayaquil, a los 2 días del mes de septiembre del 2022



---

**Ing. Tania Catalina Rojas Párraga**

**Docente director del Proyecto Técnico MSC.**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto técnico se lo dedico a mi madre Alexandra quien ha sido un apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida y quien me dio fuerzas para seguir adelante en todo momento, a mi padre Marcelo quien me brindo el apoyo para poder estudiar en esta prestigiosa universidad.

A mi novia y amigos que han estado a lo largo de estos años apoyándome y motivándome a seguir adelante a pesar de todas las situaciones que se presentaron y que gracias a Dios y la gente que me rodea he conseguido superar y estar donde me encuentro en este momento.

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco a mis padres por haber brindado las herramientas necesarias para poder superar esta etapa de mi vida. A mi novia Karen que estuvo conmigo desde que entre en mi vida universitaria y que me apoyo en los buenos y malos momentos. A mis mejores amigos Gustavo, Marcos, Joe, el almirante Rodrigo, Ana y Luis, quienes me apoyaron cuanto más los necesite y me han brindado su compañía y apoyo a lo largo de mi vida. A los increíbles amigos que hice en la carrera Mellisa, Lorena y Mafer, que fueron un apoyo y una sonrisa a lo largo de los años dentro de la universidad.

## RESUMEN

En la empresa Plastisec S.A se ha presentado un incremento en el porcentaje de scrap desde el año 2021, se realiza una revisión de los reportes de producción identificando un promedio de 3,13% de scrap. Por este motivo, se toma la iniciativa de levantar un proyecto de mejora para la disminución de este porcentaje, para ello se utilizó la herramienta DMAIC que permite identificar la variabilidad del proceso e implementar mejoras dentro del mismo. Bajo esta premisa se pudo identificar los problemas asociados al tratamiento de las películas, el refile dentro de la línea y cambios frecuentes de materiales que ocasionan pérdidas de material virgen. Por lo tanto, con el departamento de producción se identificaron falencias en la visualización de la información dentro de la planificación de la producción y corrigieron mediante el implementó de una matriz de áreas tratadas y la creación de códigos de producto que permitieron al planificador, ordenar los trabajos por su grado dificultad y generando una menor variación en los cambios de temperatura asociado al cambio de trabajo, con estas implementaciones se logró ahorrar en el mes de julio \$7.288,92.

**Palabras claves:** Scrap, DMAIC, Extrusión

## **ABSTRACT**

In the company Plastisec S.A, there has been an increase in the percentage of scrap since 2021, a review of the production reports is conducted, identifying an average of 3.13% scrap. For this reason, the management takes the initiative to raise an improvement project to reduce this percentage, for which the DMAIC tool was used to identify the variability of the process and implement improvements within it. Under this premise it was possible to identify the problems associated with the treatment of the films, the trimming within the line and frequent changes of materials that cause loss of virgin material. Therefore, shortcomings in the visualization of information within the production planning were identified with the production department and corrected by implementing a matrix of treated areas and the creation of product codes that allowed the planner to order the jobs due to their degree of difficulty and generating less variation in temperature changes associated with job changes, with these implementations it was possible to save \$7,288.92 in July.

**Keywords:** Scrap, DMAIC, Extrusion

## INDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPITULO 1</b> .....	2
<b>EL PROBLEMA</b> .....	2
<b>1. Planteamiento del problema</b> .....	2
<b>1.1. Antecedentes</b> .....	2
<b>1.2. Descripción del problema</b> .....	3
<b>1.3. Delimitación</b> .....	5
<b>1.3.1. Delimitación temporal</b> .....	5
<b>1.3.2. Delimitación geográfica</b> .....	5
<b>1.3.3. Delimitación académica</b> .....	5
<b>1.4. Justificación</b> .....	6
<b>1.5. Grupo Objetivo beneficiario</b> .....	6
<b>1.6. Objetivos</b> .....	6
<b>1.6.1. Determinar el valor objetivo</b> .....	6
<b>1.6.2. Objetivo General</b> .....	7
<b>1.6.3. Objetivo Especifico</b> .....	7
<b>CAPITULO 2</b> .....	8
<b>METODOLOGIA</b> .....	8
<b>2. Marco Teórico</b> .....	8
<b>2.1. Marco Referencial</b> .....	8
<b>2.2. Marco Conceptual</b> .....	10
<b>2.2.1. Extrusión</b> .....	10
<b>Elementos de una máquina extrusora</b> .....	10
<b>2.2.1.1. Tolva de alimentación</b> .....	10
<b>2.2.1.2. Cilindro o barril</b> .....	11
<b>2.2.1.3. Tornillo o huesillo</b> .....	12
<b>2.2.1.4. Plato Rompedor</b> .....	13
<b>2.2.1.5. Cabezal y boquilla</b> .....	14
<b>2.2.2. Materiales</b> .....	14
<b>2.2.2.1. Polietileno de baja densidad (LDPE)</b> .....	14
<b>2.2.2.2. Polietileno de alta densidad (HDPE)</b> .....	15
<b>2.2.2.3. Pigmentos</b> .....	15
<b>2.3. Metodología Six Sigma</b> .....	16

2.4.	DMAIC .....	16
2.4.1.1.	Fase definir .....	16
2.4.1.1.1.	3W + 2H .....	17
2.4.1.1.2.	VOC (Voz del cliente) .....	17
2.4.1.1.3.	SIPOC .....	17
2.4.1.2.	Fase medir .....	18
2.4.1.2.1.	Diagrama de Pareto .....	18
2.4.1.3.	Fase analizar .....	18
2.4.1.3.1.	Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa) .....	18
2.4.1.4.	Fase mejorar .....	19
2.4.1.4.1.	Lluvia de ideas .....	19
2.4.1.4.2.	Matriz Esfuerzo-Impacto .....	19
2.4.1.5.	Fase control .....	19
2.4.2.	Scrap .....	20
CAPITULO 3.....		21
METODOLOGIA .....		21
3.	Metodología para utilizar .....	21
3.1.	Definir .....	21
3.1.1.	Observación directa .....	21
3.1.2.	Descripción del proceso de extrusión .....	22
3.1.3.	Definición del problema .....	26
3.1.4.	Voz del cliente (VOC) .....	26
3.1.5.	Alcance .....	27
3.2.	Medir .....	27
3.3.	Análisis .....	30
3.4.	Mejora .....	36
3.4.1.	Implementación de soluciones propuestas .....	40
3.4.1.1.	Propuesta 1: Establecer criterios para la planificación de órdenes con tratamiento .....	40
3.4.1.2.	Realizar una clasificación de las órdenes de trabajo por el tipo de material. ...	42
3.4.1.3.	Establecer procedimiento para el refile de rollos en extrusión .....	44
3.5.	Control .....	45
CAPITULO 4.....		46
RESULTADOS.....		46
CRONOGRAMA .....		52
PRESUPUESTO.....		52

<b>CONCLUSIONES</b> .....	53
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	54

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. PORCENTAJE DE SCRAP DEL 2019 AL 2021.....	3
FIGURA 2. TONELADAS DE SCRAP DOS PRIMEROS TRIMESTRES DEL 2019 AL 2022 .....	4
FIGURA 3. PORCENTAJE DE SCRAP SEMANAL DEL 2022 .....	4
FIGURA 4. EXTRUSORA DE PELÍCULA SOPLADA.....	10
FIGURA 5. TIPOS DE TOLVAS .....	11
FIGURA 6. CILINDRO O BARRIL .....	12
FIGURA 7. TORNILLO O HUESILLO .....	12
FIGURA 8. ZONAS DE LA EXTRUSORA Y EL INCREMENTO DE PRESIÓN .....	13
FIGURA 9. TIPOS DE BURBUJAS SOPLADAS .....	15
FIGURA 10. SCRAP .....	20
FIGURA 11. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN.....	24
FIGURA 12. TENDENCIA DEL PORCENTAJE DE SCRAP GENERADO EN LA LÍNEA DE EXTRUSIÓN .....	25
FIGURA 13. 3W + 2H.....	26
FIGURA 14. VOC DEL EQUIPO DE PRODUCCIÓN.....	27
FIGURA 15. PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	28
FIGURA 16. CONTRIBUCIÓN DE TONELADAS POR EXTRUSORA .....	28
FIGURA 17. PARETO DEL PORCENTAJE DE SCRAP GENERADO EN LA LÍNEA DE EXTRUSIÓN .....	29
FIGURA 18. CAUSAS GENERADORAS DE SCRAP DENTRO DE LA LÍNEA DE EXTRUSIÓN .....	30
FIGURA 19. DIAGRAMA ISHIKAWA POR CAMBIO DE MEDIDA.....	31
FIGURA 20. DIAGRAMA DE ISHIKAWA POR MATERIAL QUEMADO GRUMOS .....	33
FIGURA 21. DIAGRAMA DE ISHIKAWA POR CAMBIO DE MEDIDA .....	34
FIGURA 22. MATRIZ DE ÍTEMS CON TRATAMIENTO.....	40
FIGURA 23. COMPARATIVA DE TRABAJOS CON TRATAMIENTO POR EXTRUSORA .....	41
FIGURA 24. MATERIAL CON TRATAMIENTO COMPLETO .....	42
FIGURA 25. PLAN DE PRODUCCIÓN CON LOS CÓDIGOS DE MATERIAL.....	43
FIGURA 26. REFILE EN MÁQUINA CON USO DE REPROCESADO .....	45
FIGURA 27. GRÁFICO DE CONTROL DE SCRAP SEMANAL .....	45
FIGURA 28. SIPOC LÍNEA DE EXTRUSIÓN .....	47
FIGURA 29. TENDENCIA DE SCRAP DE ENERO A JULIO.....	48
FIGURA 30. PARETO DE LAS CAUSAS DE SCRAP EN LA EXTRUSORA 7.....	49
FIGURA 31. PARETO DE LAS CAUSAS DE SCRAP EN LA EXTRUSORA 9.....	49
FIGURA 32. REFILE EN MÁQUINA EXTRUSORA .....	51
FIGURA 33. COMPARATIVA DE TRABAJOS CON TRATAMIENTOS EN LAS EXTRUSORAS .....	51

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1. ESCENARIOS DE REDUCCIÓN DEL SCRAP .....	7
TABLA 2. EXTRUSORAS Y CARACTERÍSTICAS DE PLASTISEC .....	21
TABLA 3. PERDIDAS MONETARIAS GENERADAS POR EL INCREMENTO DEL SCRAP EN EL PRIMER SEMESTRE DEL 2022 .....	25
TABLA 4. ANÁLISIS DE CAUSAS POTENCIALES .....	35
TABLA 5. VERIFICACIÓN DE CAUSAS POTENCIALES .....	36
TABLA 6. SOLUCIONES PROPUESTAS PARA CAUSAS RAÍZ .....	37
TABLA 7. MATRIZ DE ESFUERZO IMPACTO .....	38
TABLA 8. PLANIFICACIÓN DE IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS .....	39
TABLA 9. DIFERENCIA DE PRODUCCIÓN ENTRE JULIO A JUNIO .....	48
TABLA 10. PRINCIPALES CAUSAS DEL SCRAP .....	50

## INDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1. DETERMINAR EL PORCENTAJE DE SCRAP GENERADO .....	27
ECUACIÓN 2. CÓDIGOS DE MATERIAL .....	43

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento de una empresa sea de servicio o de manufactura va a depender de la velocidad con la que se adapte al mercado cambiante. Los clientes cada día son más exigentes con dos variables: calidad y tiempo de entrega. Se declinan por empresas que puedan satisfacer sus necesidades con la calidad requerida y en los tiempos que ellos decidan. Por este motivo, las empresas buscan mejorar sus procesos para que sus productos salgan bien a la primera, es decir con un nivel de calidad que permita evitar retrabajos y mantener los márgenes de utilidad.

Por este motivo el objetivo de este trabajo de investigación es mejorar la calidad del proceso de extrusión para poder generar productos que cumplan con los estándares de calidad de la empresa y que evite la generación de procesos adicionales para poder recuperar la materia prima invertida y reducir la pérdida monetaria y de tiempo invertido en el producto. Para ello se utilizarán herramientas que permitan identificar y analizar las posibles causas raíz que generan dicho retrabajo.

Bajo este contexto el siguiente proyecto técnico se dividirá en cuatro capítulos. El capítulo uno consiste en brindar al lector los antecedentes y una descripción del problema que está afectando a la empresa objeto de estudio. En el segundo capítulo se mostrará todo el marco teórico que sustentará el trabajo realizado y se presentarán las herramientas a utilizar para poder determinar soluciones a los problemas que están afectando la competitividad de la empresa. En el capítulo tres se llevará a cabo el marco metodológico para la aplicación de herramientas para la resolución de problemas y la mejora continua dentro del marco de la empresa. Con el capítulo cuatro se expondrá las conclusiones obtenidas en la elaboración del presente proyecto y las recomendaciones para futuros proyectos de la misma índole.

## **CAPITULO 1**

### **EL PROBLEMA**

#### **1. Planteamiento del problema**

##### **1.1. Antecedentes**

La empresa objeto de estudio Plastisec S.A. (nombre ficticio para poder preservar la seguridad de los datos) es una empresa líder del mercado en la elaboración de empaques flexibles de alta y baja densidad, en presentación de rollo o funda, con o sin impresión. Las diferentes líneas que posee la empresa son extrusión, impresión, rebobinado y conversión o sellado. La empresa lleva funcionando desde 1994 y cada año incrementa su capacidad productiva apostando por la inversión y la adquisición de nuevos equipos que permiten alcanzar nuevos estándares de calidad.

Plastisec se encuentra en el mercado como una de las principales empresas que abastecen de empaques primarios a las industrias camaroneras y bananeras del país. Por lo tanto, debe cumplir con estándares de calidad que le permitan mantener un servicio continuo para la variedad de productos que van de exportación, para ello la empresa cuenta con una normativa la FSSC- 22000 que la certifica como una empresa apta para la conservación de la inocuidad alimenticia de los productos.

En la actualidad los mercados son inciertos y la variabilidad de los diferentes procesos involucrados en la cadena de suministros generan tiempos de reabastecimiento prolongados. Plastisec adquiere su materia prima mediante la importación de resinas de diferentes mercados del mundo, debe adaptarse a los diferentes cambios en el mercado y gestionar de forma adecuada los recursos que tiene a su disposición. Para ellos se busca identificar las posibles causas de los generadores de scrap dentro de la línea de extrusión y determinar estrategias que permitan reducir los costos y aumentar la productividad. La empresa cuenta con la recuperación de este scrap mediante un proceso de reprocesado, que permite a la industria recuperar la resina utilizada y poder

utilizarla en nuevos procesos, pero que no sean de contacto primario con alimento. Ya que esta resina reprocesada se obtiene mediante el reciclado del scrap generado y puede llegar a contener agentes biológicos que puedan poner en peligro la integridad del producto a contener.

## 1.2. Descripción del problema

En la empresa Plastisec S.A. se ha generado un incremento en el porcentaje de scrap generado llegando al 2,82% en el año 2021, que en relación con el año pasado es un incremento del 23,17%. En la Figura 1 se muestra el porcentaje de scrap generado anualmente de los últimos tres años de la compañía y en la Figura 2 se muestran las toneladas de scrap generado en los dos primeros trimestres del año 2022 en comparación con los años anteriores.

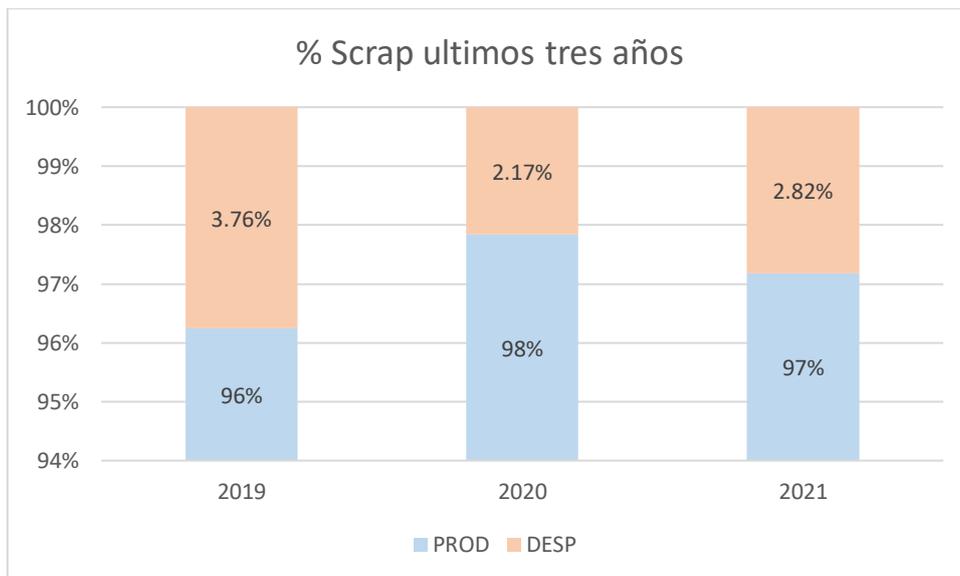


Figura 1. Porcentaje de scrap del 2019 al 2021

Fuente: Departamento de producción de la empresa Objeto de estudio

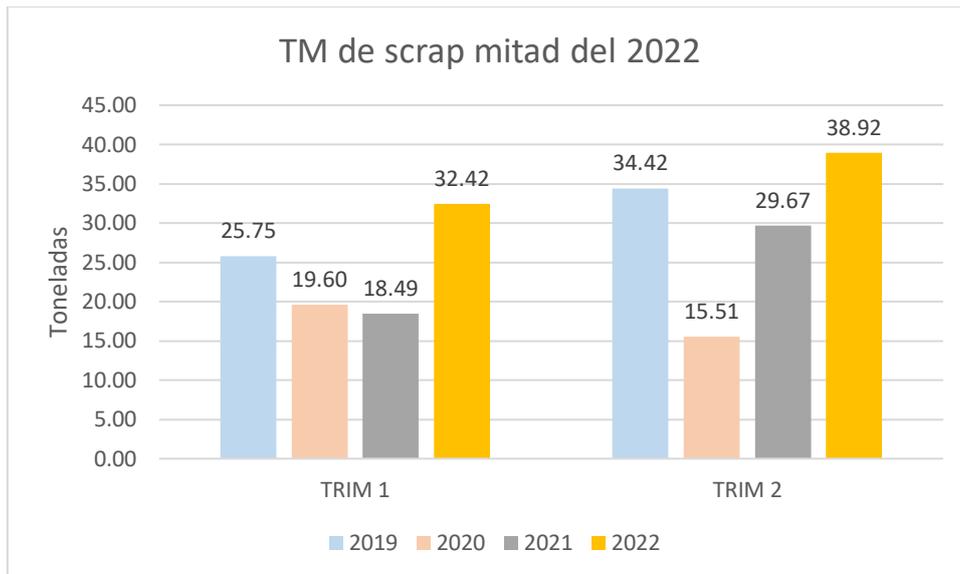


Figura 2. Toneladas de scrap dos primeros trimestres del 2019 al 2022

Fuente: Departamento de producción de la empresa Objeto de estudio

Como se puede observar en la Figura 2 permite comparar la cantidad de scrap registradas en los dos primeros trimestres de los años 2019, 2020, 2021 y 2022, reflejando que en el último año hubo un incremento de 13.93 toneladas de scrap. A partir del segundo trimestre se incrementó las toneladas en el año 2021 en comparación con el pasado año, sin embargo, en el año 2022 se incrementó en un 23,76%.



Figura 3. Porcentaje de scrap semanal del 2022

Fuente: Departamento de producción de la empresa Objeto de estudio

Como se puede observar en la Figura 3 el porcentaje de scrap semanal se ha ido incrementado con el avance del año, este incremento se puede atribuir a diferentes causas las cuales pueden ser planificación, materia prima, mantenimientos, fallos operativos, entre otros. La empresa cuenta con un sistema de bonificación para los operadores si mantienen un porcentaje de 2,8% de scrap, pero esta medida no permite la identificación de posibles causas que trasciendan al operador, ni se brindan herramientas para que el mismo pueda mantener dicho porcentaje.

El departamento financiero indica que el costo promedio por 1 kilogramo de materia prima utilizada es de \$1,843 y el costo de convertir esa materia prima en producto en la línea de extrusión es de \$0,222. Por lo tanto, el promedio de kilogramos generados de desperdicio dentro de la línea es de 2642,16 kg, lo que equivale a una pérdida de \$5456,06 semanales.

### **1.3. Delimitación**

#### **1.3.1. Delimitación temporal**

Para la elaboración del proyecto técnico se han tomado en referencia los datos de los reportes de producción de enero hasta julio del 2022.

#### **1.3.2. Delimitación geográfica**

La empresa se encuentra ubicada en la ciudad de Guayaquil km 13.5 vía Daule.

#### **1.3.3. Delimitación académica**

Para la elaboración de este proyecto se utilizaron los conocimientos adquiridos en gestión de la calidad, gestión y control de la producción, proyectos y escritura académica.

#### **1.4. Justificación**

La volatilidad de los mercados y los clientes cada vez más exigentes, quienes buscan obtener sus productos en tiempos más cortos. Obligan a las empresas a buscar mejora en sus procesos que puedan satisfacer a esta demanda variable. Por este motivo, el disminuir la cantidad de scrap que genera una línea de producción reduce los costos operativos, por los trabajos que se realizan para la recuperación de esta materia prima e incrementa la productividad de la empresa la cual genera una mayor cantidad producto que cumple con los estándares de calidad.

Por este motivo se busca desarrollar este proyecto de mejora que permitirá identificar las variables involucradas en la generación del scrap dentro de la línea de extrusión y cuáles pueden ser las diferentes causas generadoras.

#### **1.5. Grupo Objetivo beneficiario**

Este proyecto de mejora tiene como grupo beneficiario a la empresa objeto de estudio Plastisec S.A. principalmente su línea de extrusión, que ha presentado un incremento en la cantidad del scrap generado y que tiene como consecuencia perdida de un recurso que se obtiene mediante la importación y que genera un reabastecimiento prematuro del mismo. Adicional permitirá al líder del proyecto poner a prueba los conocimientos adquiridos a lo largo de su instrucción académica.

#### **1.6. Objetivos**

##### **1.6.1. Determinar el valor objetivo**

Para este proyecto técnico se va a establecer tres posibles escenarios que se podrán alcanzar con la implementación de este. Por parte del gerente de producción se espera alcanzar un escenario conservador, en la Tabla 1 se puede observar los diferentes escenarios planteados a la empresa.

Tabla 1. Escenarios de reducción del scrap

	Mejor valor	2,68%		
	Promedio	3,13%		
		Escenarios		
		Peor	Conservador	Mejor
% reducción		15%	25%	50%
Reducción		0,47%	0,78%	1,57%
Objetivo		2,66%	2,35%	1,57%

Fuente: Elaboración Propia

### 1.6.2. Objetivo General

Realizar una propuesta de mejora continua para reducir el nivel de scrap de 3,13% a 2,35% en la elaboración de rollos para empaques flexibles en una industria plástica.

### 1.6.3. Objetivo Especifico

- Levantar información acerca del proceso de extrusión e identificar las posibles causas que generan scrap.
- Validar la información brindada por el área de producción sobre las causas que generan scrap.
- Reducir el porcentaje de scrap o desperdicio generado en el área de extrusión.

## CAPITULO 2

### METODOLOGIA

#### 2. Marco Teórico

##### 2.1. Marco Referencial

En la búsqueda de literatura relacionada con la disminución del scrap en las empresas de empaque flexible, se pueden mencionar los siguientes trabajos.

2.1.1. Según Vacacela (2021) el desperdicio generado en su empresa objeto de estudio se encontraba en 6.04% y logro reducirlo al 5.83% generando un ahorro de \$6,207.64 dólares americanos mensuales. En su trabajo utilizando el diagrama Ishikawa pudo determinar las principales causas generadoras de scrap, los cuales eran los cambios de formulación, cambios de trabajo, fallas de máquina y refile. Mediante el Desarrollo de Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMEF) determinó el método de falla que se presentaba en la línea de extrusión y con el equipo de trabajo determinaron los planes de acción para prevenir dichos fallos. Una vez identificadas las causas raíz del problema, generó acciones correctivas como mejoramiento de la planificación de la producción para evitar los desperdicios por cambios en la formulación y cambios de trabajo bruscos, elaboró procedimientos de mantenimiento preventivo dentro de la línea y unificó criterios para la disminución del porcentaje de refile que le realizan a la película. Como recomendaciones indica apoyo de la gerencia para la implementación de proyectos, la participación de mandos medios que permitan el correcto seguimiento de las mejoras realizadas y la motivación del personal operativo de la importancia de los procedimientos establecidos y como mejorar como empresa.

2.1.2. Según Castillo (2021) en su trabajo de titulación determinó que la reducción del desperdicio de la empresa se podía conseguir mediante una inversión de \$3809

dólares americanos, que representaba según su estudio de costo beneficio el 2.2% de los costos anuales por defectos de calidad. Para esto realizó una investigación del producto estrella de la compañía que son las fundas tipo camisetas, donde por la normativa vigente debe llevar el 50% de resina posconsumo. Mediante un análisis de capacidad de máquina identifiqué que el proceso se encontraba fuera de control estadístico, mediante la revisión con el equipo de calidad. Determiné que los parámetros utilizados para la evaluación de los lotes adquiridos del material estaban desactualizados, planteo una actualización del estándar de muestreo según la NORMA NTP-ISO 10725. Además, levanto procedimientos para la evaluación de la criticidad del producto en el área de extrusión, determino los parámetros por los cuales se realizará la aprobación o suspensión de trabajos por no cumplir con los estándares de calidad requeridos por el cliente.

2.1.3. Según Moreira (2021) en su trabajo de investigación la empresa objeto de estudio tenía pérdidas de \$91,534 dólares americanos en promedio por defecto de calidad, mediante un estudio realizado bajo la metodología DMAIC logro determinar las causas raíces que generaban la variación de la calidad de los productos, siendo como principales causantes la falta de supervisores de calidad o personal capacitado para generar los controles de los atributos del producto elaborado y un fallo en máquina por falta de equipo de mantenimiento preparado con planes correctivos y preventivos para poder preservar el activo de la empresa.

## 2.2. Marco Conceptual

### 2.2.1. Extrusión

La extrusión por película soplada es el proceso por el cual el material plástico o resina es colocada en una tolva que permite el paso de la resina a un tornillo sin fin, que empujara la resina mediante presión y temperatura derriéndolo y pasándolo por mallas hasta llegar al rin de aire, que empujara el material derretido en dirección máquina hacia arriba saliendo por un molde circular dando forma de tubo, donde dependiendo el material tendrá la zona de enfriamiento a la salida o en la parte superior de la extrusora, el tubo pasara por el rodillo de tiro y por diferentes rodillos que permitirán embobinar el plástico para armar un como se observa en la Figura 4 (Zapata, 2022).

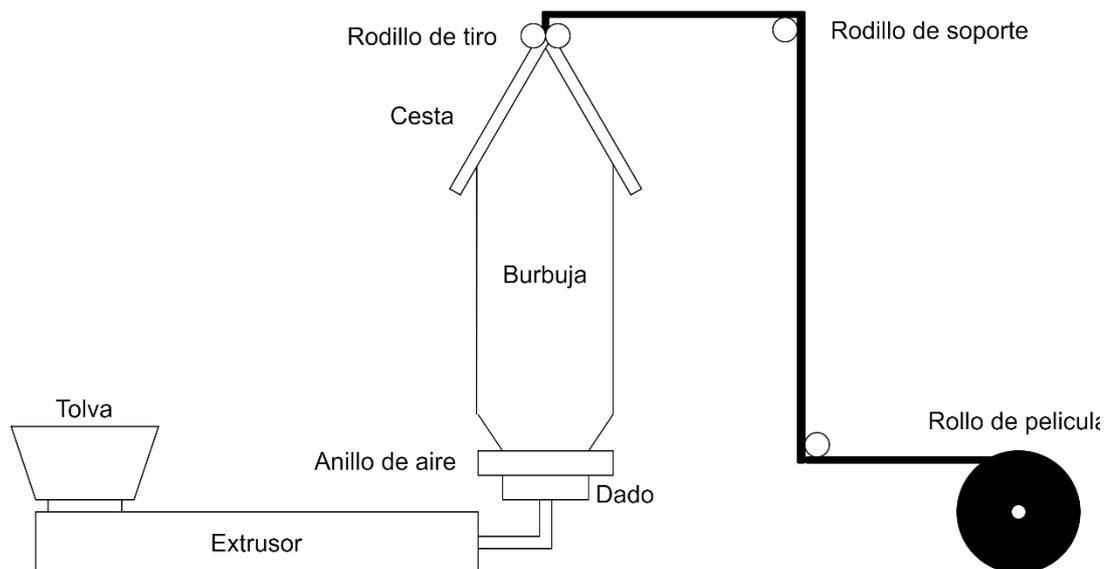


Figura 4. Extrusora de película soplada

Elaboración Propia

### Elementos de una máquina extrusora

#### 2.2.1.1. Tolva de alimentación

Elemento de forma cónica cuya funcionalidad es brindar alimentación constante al huesillo de extrusión los tipos de tolvas se pueden ver en la

Figura 5. Esta debe permitir el descenso de la resina de forma uniforme sin presentar ningún tipo de fricción, que pueda generar un estancamiento del material ocasionando un paro en la producción (Martinez, 2022).

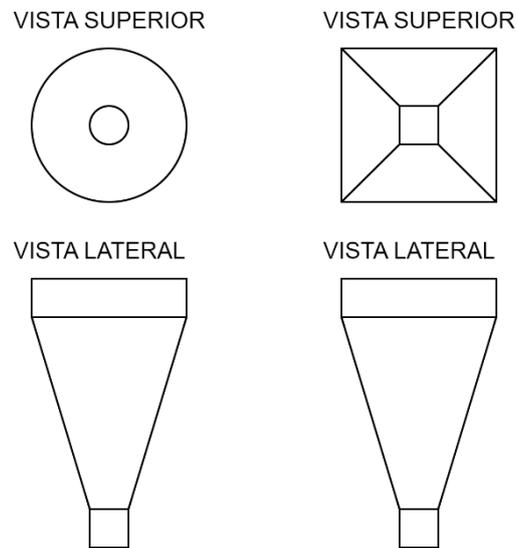


Figura 5. Tipos de tolvas

Reproducido de (Martinez, 2022)

#### 2.2.1.2. Cilindro o barril

Estructura cilíndrica que contiene al huesillo o tornillo extrusor cómo se puede apreciar en la Figura 6, posee una construcción de acero resistente a la corrosión y al desgaste por la fricción generada del paso del material por el tornillo extrusor. Posee resistencias a lo largo de su estructura generando un intercambio de calor con el interior para poder fundir la resina (Martinez, 2022).

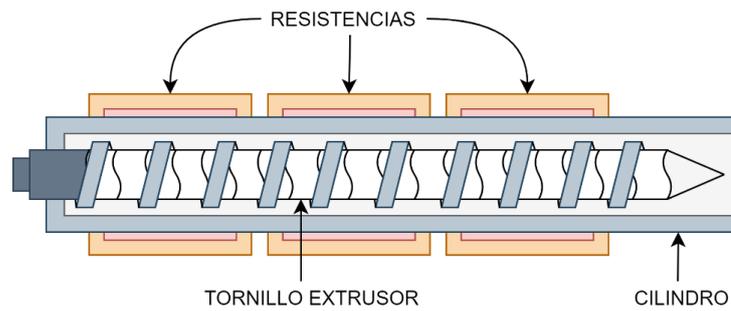


Figura 6. Cilindro o barril

Reproducido de (Martinez, 2022)

### 2.2.1.3. Tornillo o huesillo

Es el corazón de la máquina extrusora consta de un tornillo sin fin, que tiene como función transportar, comprimir, fundir, dosificar y mezclar el material como se ve en la Figura 7. Al ser la parte más importante del proceso debe contar con un diseño adecuado, donde las variables primordiales son diámetro (D), longitud (L), ángulo de filete ( $\theta$ ) y paso de rosca (w) (Beltrán, 2011).

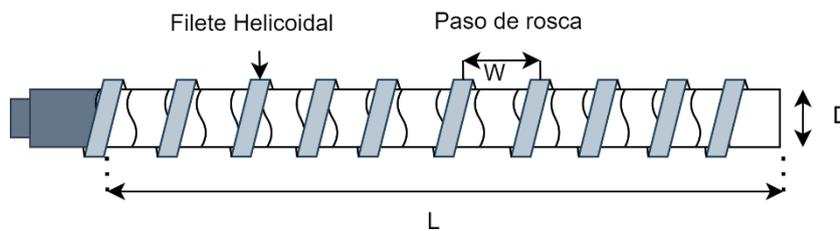


Figura 7. Tornillo o huesillo

Reproducido de (Beltrán, 2011)

El tornillo cuenta con tres zonas que cumplen con diferentes funciones estos son alimentación, transición y dosificado se ejemplifica en la Figura 8.

- Alimentación: Es la parte de mayor volumen del tornillo se encuentra cerca de la tolva y tiene como función compactar en un sólido el material recibido y luego transportarlo a la siguiente zona.

- Transición: En esta zona el material llega a su punto de fusión por el intercambio de calor realizado por las resistencias en el cilindro y la presión ejercida por el tornillo. Adicionalmente por la presión ejercida se saca los gases que pueden conservar los pellets de resinas.
- Dosificado: Es la parte final del tornillo se encuentra cerca de la boquilla y posee un canal estrecho. Aquí el material se homogeniza y se presuriza para salir por la boquilla. Defecto de calidad que se presenta en esta área es cuando la mezcla no logra homogenizarse y se presenta en la película una partícula de material quemado o defectos visuales.

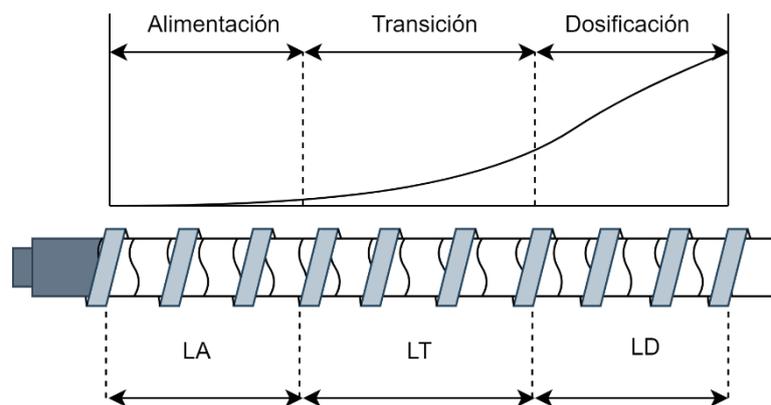


Figura 8. Zonas de la extrusora y el incremento de presión

Reproducido de (Beltrán, 2011)

#### 2.2.1.4. Plato Rompedor

Es un elemento circular con agujeros que permite colocar las mallas cuya función es evitar el paso de sustancias a la película extruida. Estas mallas se deben cambiar cada cierto tiempo para no afectar a la presión y productividad del equipo, por lo tanto, se debe diseñar el plato rompedor de forma que sea fácil la extracción y colocación de nuevas mallas (Martinez, 2022).

#### **2.2.1.5. Cabezal y boquilla**

El cabezal sujeta la boquilla y mantiene al plato rompedor su función es la de facilitar el flujo de la sustancia del cilindro a la boquilla. La boquilla tiene como función la moldear el plástico, para la fabricación de empaques flexibles se utiliza una boquilla anular mirando hacia arriba. Dentro de la boquilla se inyecta aire para formar una burbuja que va a ser jalada por los rodillos (Martinez, 2022).

### **2.2.2. Materiales**

Para la extrusión de soplado de película plástica se utiliza el polietileno, este se encuentra dividido en tres clases según su densidad, estas son polietileno de baja densidad (LDPE) y alta densidad (HDPE). Además de aditivos que permiten añadirle diferentes propiedades a la película extruida y los pigmentos que permiten añadir color a la película (Zapata, 2022).

#### **2.2.2.1. Polietileno de baja densidad (LDPE)**

El polietileno de baja densidad es fácil de procesar en comparación con los otros grados de polietileno, se funde con relativa baja temperatura entre 105 a 115 grados centígrados, no requiere fuerza de motor al contar con una alta viscosidad y presenta una burbuja estable por lo que la línea de enfriamiento esta baja presentando una forma de tubo. Sus características son que la temperatura para el sellado es relativamente baja por lo que se puede sellar a altas velocidades, presenta una flexibilidad alta y un tacto suave (Zapata, 2022).

### 2.2.2.2. Polietileno de alta densidad (HDPE)

El polietileno de alta densidad requiere mayor fuerza del motor ya que presenta una estructura menos viscosa y más sólida, por lo que se requiere fuerza para poder homogenizar la materia dentro de la extrusora, se funde a alta temperatura entre 130 a 135 grados centígrados y posee una burbuja bastante inestable, por lo que se requiere una altura para el enfriamiento y estabilización de la burbuja generando una forma de copa (Zapata, 2022).  
Dependiendo de la resina utilizada la burbuja puede tener dos formas, el tipo tubo y copa que va a depender de la densidad del material en este caso sería baja y alta densidad respectivamente cómo se aprecia en la Figura 9.

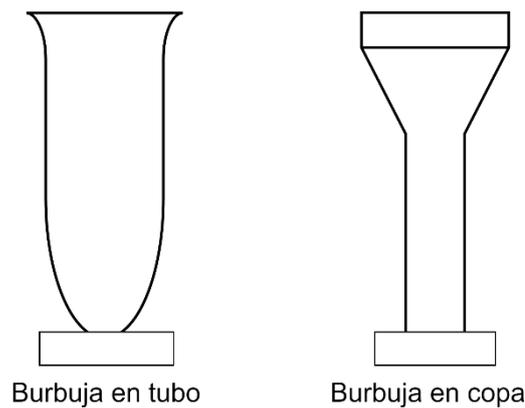


Figura 9. Tipos de burbujas sopladadas

Elaboración propia

### 2.2.2.3. Pigmentos

Los pigmentos son polímeros conductores que permiten generar una pigmentación en el sustrato de la película de polietileno (Zapata, 2022).

### **2.3. Metodología Six Sigma**

En la década de los 90, la compañía de Motorola no era competitiva en el mercado local, por lo tanto, el gerente de esa época Bob Galvin decidió invertir en el activo humano y generar proyectos para la mejora de la productividad de la empresa. En aquella época, el estándar de calidad se encontraba en cuatro sigmas, los niveles de sigma se refieren a la variación que existe dentro del proceso, es decir, que con cuatro sigmas generas un 99.3% de piezas sin defectos. Pero con la inversión en el talento humano realizada por el gerente la compañía pudo alcanzar un nivel de seis sigmas es decir 99.9996% por ciento de piezas bien fabricadas a la primera, de este modo obteniendo el premio nacional de la calidad el Malcom Baldrige (Socconini, 2019).

La metodología Six sigma permite eliminar la variación del proceso, para esto se trabaja sobre las variables claves del proceso y se tiene como filosofía que la calidad se da en el proceso de fabricación y no en las inspecciones del departamento de calidad. La empresa General Electric en una entrevista indico que el haber capacitado a sus colaboradores en Six sigma fue mejor que haber ido a la escuela de negocios de Harvard, presentaba una nueva línea de pensamiento para la época los obligaba a pensar diferente (Socconini, 2019).

### **2.4. DMAIC**

El DMAIC es una de las principales herramientas utilizadas dentro de la metodología del Six sigma. Esta herramienta consta de cinco fases las cuales son definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

#### **2.4.1.1. Fase definir**

Es la primera etapa de la metodología la cual permite determinar la viabilidad del proyecto en este apartado se determinan el equipo del trabajo, el área o la línea en la que se puede generar una mejora, cual es el grupo beneficiario del

proyecto, cual es el alcance de este y cuáles son los beneficios monetarios para la empresa. Se deben responder estas preguntas si se quiere definir adecuadamente el proyecto a realizar para ello se utilizan herramientas como el 3W+2H, la voz del cliente y el SIPOC (Andrés & Valenzuela, 2018).

#### **2.4.1.1.1. 3W + 2H**

Es una herramienta que permite identificar todas las variables de un problema, está compuesta por sus siglas en inglés, W (What-Que, When-Cuando, Where-Donde) y H (How-como, How much- cuanto). Realizando las siguientes preguntas se podrá determinar con exactitud qué problema se busca resolver (Espinoza, 2020).

#### **2.4.1.1.2. VOC (Voz del cliente)**

Término utilizado para el proceso de recolección de información, sobre el malestar generado y ayuda a determinar qué es lo que espera el cliente obtener al finalizar el proyecto (Romo, Tarango, & Machin-Mastromatteo, 2018).

#### **2.4.1.1.3. SIPOC**

Herramienta que ayuda a determinar quiénes son las partes involucradas dentro del proceso y cuáles son las entradas y salidas del sistema (González & Escobar, 2021). Se divide de la siguiente forma:

- Supplier-Proveedores: Quienes entregan o generan el inicio del proceso.
- Input-Entrada: Que es lo que ingresa en el sistema o línea.
- Process-Proceso: Las actividades realizadas dentro de la línea o sistema.
- Output-Salida: Que es lo que sale del sistema o línea.

- Customer-Cliente: Quien recepta las salidas del proceso.

#### **2.4.1.2. Fase medir**

Segunda fase de la metodología que consiste en determinar las variables claves del proceso que ayudaran a establecer el plan de recolección de la información e identificar donde se deben enfocar los esfuerzos para poder alcanzar el objetivo para esto se utiliza el diagrama de Pareto (Andrés & Valenzuela, 2018).

##### **2.4.1.2.1. Diagrama de Pareto**

Es una herramienta de análisis que permite realizar la toma de decisiones basada en datos que son prioritarios. Es decir, el principio indica que el 80% de los problemas se pueden resolver, gestionando el 20% de las causas. Por lo tanto, se genera una métrica que ayuda a determinar hacia donde debemos dirigir nuestros esfuerzos para poder realizar cambios significativos (Rios, 2021).

#### **2.4.1.3. Fase analizar**

Tercera fase de la metodología tiene como finalidad analizar los datos obtenidos en la fase anterior y comenzar a identificar las posibles causas generadoras de la situación problemática. Para esto se pueden utilizar diferentes herramientas como el cuadro de causa-efecto o espina de pescado Ishikawa (Guillen & Moncayo, 2018).

##### **2.4.1.3.1. Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa)**

Presentado por Kaoru Ishikawa en la década de los 70, se considera una de las principales herramientas de la gestión de la calidad, permite identificar las posibles causas que pueden estar generando la situación problemática, esta herramienta es representado con una espina de pescado y se divide en

cinco factores que están involucrados en los aspectos de la calidad que son mano de obra, máquina, método, materiales y medio ambiente (Maldonado, Vinueza, Pozo, & luna, 2021).

#### **2.4.1.4. Fase mejorar**

Cuarta fase de la metodología que tiene como fin implementar soluciones que puedan eliminar la causa raíz del problema, para esto la herramienta a utilizar es la lluvia de ideas con el equipo de trabajo para poder determinar cuál es la solución que tenga mayor impacto y se pueda implementar con el menor esfuerzo, para esto se utilizar una matriz de esfuerzo-impacto con las ideas obtenidas en la lluvia de ideas (Moreira, 2021).

##### **2.4.1.4.1. Lluvia de ideas**

Actividad realizada con un grupo de trabajo, donde el equipo de trabajo puede presentar las diferentes ideas que tengan sobre el tema de discusión, luego se procede a filtrar las ideas que generarían mayor impacto (Guillen & Moncayo, 2018).

##### **2.4.1.4.2. Matriz Esfuerzo-Impacto**

Herramienta que permite clasificar las ideas generadas con la lluvia de ideas y diferenciarlas por el impacto que generan para poder resolver el problema y que nivel de esfuerzo representa para la empresa (Guillen & Moncayo, 2018).

#### **2.4.1.5. Fase control**

Ultima fase de la metodología tiene como finalidad realizar un seguimiento de las mejoras implementadas en la fase anterior y determinar si las mejoras

implementadas dieron solución al problema o solo dio solución a los síntomas generados (Guillen & Moncayo, 2018). Para esto se utilizarán gráficos de control que permitirán identificar la variabilidad del proceso y si se encuentra en control.

#### **2.4.2. Scrap**

El scrap consiste en materiales reciclables que se obtienen en el proceso de fabricación a diferencia del desperdicio este posee valor monetario, por la capacidad de poder recuperar la inversión. En la elaboración empaque flexible el scrap se utiliza para la formación del reprocesado como se muestra en la Figura 10 se observa el scrap generado en la línea de extrusión.



Figura 10. Scrap

Elaboración propia

## CAPITULO 3

### METODOLOGIA

#### 3. Metodología para utilizar

El presente proyecto técnico utiliza la herramienta DMAIC, como herramienta de mejora continua para la solución del problema presentado. En el desarrollo de este capítulo se presenta las diferentes fases y ejecución del modelo.

##### 3.1. Definir

Durante esta etapa se define el problema, en conjunto con la administración de la empresa se identifican cuáles son las necesidades y el alcance del proyecto. Para esto se utilizarán las herramientas como el 3W+2H, la voz del cliente (VOC) y la observación directa.

##### 3.1.1. Observación directa

Dentro de la empresa se realizó una observación del macroproceso que se realiza dentro de la empresa y se identificó la capacidad de las máquinas extrusoras en la línea de extrusión, además de los accesorios y tipo de material que podían trabajar. En la Tabla 2 se observan las extrusoras con sus características que posee la compañía y en la Figura 11 la secuencia del proceso de extrusión.

Tabla 2. Extrusoras y características de Plastisec

<b>Extrusora</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tornillos</b>	<b>Moldes</b>	<b>Kg/h</b>
1	LDPE	2	150	50
2	LDPE - HDPE	1	200 - 150	60
3	HDPE	1	135 - 90	60
4	LDPE	2	250	65
5	LDPE - HDPE	1	150 - 120	50
6	LDPE - HDPE	1	60 - 80 - 120	10
7	LDPE	3	300	250
8	LDPE - HDPE	1	60 - 80 - 120	20
9	LDPE	3	250 - 350	200

Elaboración propia

### **3.1.2. Descripción del proceso de extrusión**

#### **3.1.2.1. Lectura orden de trabajo**

El coordinador de la producción entrega al equipo de la línea de extrusión la carpeta con las órdenes de trabajo de cada extrusora, se ordena la carpeta en función de la planificación presentada por el planificador.

#### **3.1.2.2. Mezcla del material**

Operador de extrusión identifica los materiales a utilizar y los lleva a la tina que se encuentra a lado de cada extrusora para proceder a mezclar y homogeneizar la mezcla. En el caso de las extrusora 9 por su capacidad de producción tiene su propio mezclador, donde el operador solo coloca los sacos de resina y en el caso de la extrusora 7 cuenta con gravimétricos que mezclan la cantidad requerida según se haya configurado en al tablero de control.

#### **3.1.2.3. Configuración de parámetros en máquina**

De acuerdo con el producto a elaborar el operador debe ajustar la máquina según el ancho de la película a trabajar, por lo que puede disminuir o aumentar la cantidad de aire requerida, la temperatura a trabajar, la relación de gr/mic de la lámina.

#### **3.1.2.4. Accesorios en máquina**

En las ordenes de trabajo se indican los accesorios requeridos para la elaboración del producto, dentro la empresa Plastisec S.A. se cuenta con folleras, gofradores, micro perforaciones, tratadores corona, corte y sello, blower de aire para refile en máquina y cuchillas cuando se requiere que el tubo sea separado en lamina o en corte u.

#### **3.1.2.5. Colocar bobina o canuto**

Se coloca la bobina en el eje neumático o mecánico y se procede a embobinar la película.

#### **3.1.2.6. Inspección de la película**

Cuando el trabajo ya se encuentra configurado el líder del área o el supervisor de calidad en conjunto con el operador revisan las características físicas y mecánicas de la película extruida. Es decir, sin efectos visuales, se realiza una prueba de resistencia del material y se corta un metro de la película para llevarlo a la balanza de gramos para determinar si cumple con los parámetros establecidos en la orden de producción.

#### **3.1.2.7. Registrar producción**

Una vez el trabajo ha sido configurado el operador alimenta la tolva de la extrusora en función de los kilogramos a producir del producto y realiza inspecciones de calidad a la película, cuando el rollo cumple con el diámetro máximo que permite la extrusora, se baja y se coloca la siguiente bobina para que se mantenga embobinando, luego se lleva a pesar e ingresar dentro del reporte de producción, se embala y se ubica según la orden de producción.

Después de identificar el proceso se realizó una revisión del porcentaje de scrap generado dentro del área desde enero hasta junio del 2022 como se muestra en la Figura 12.

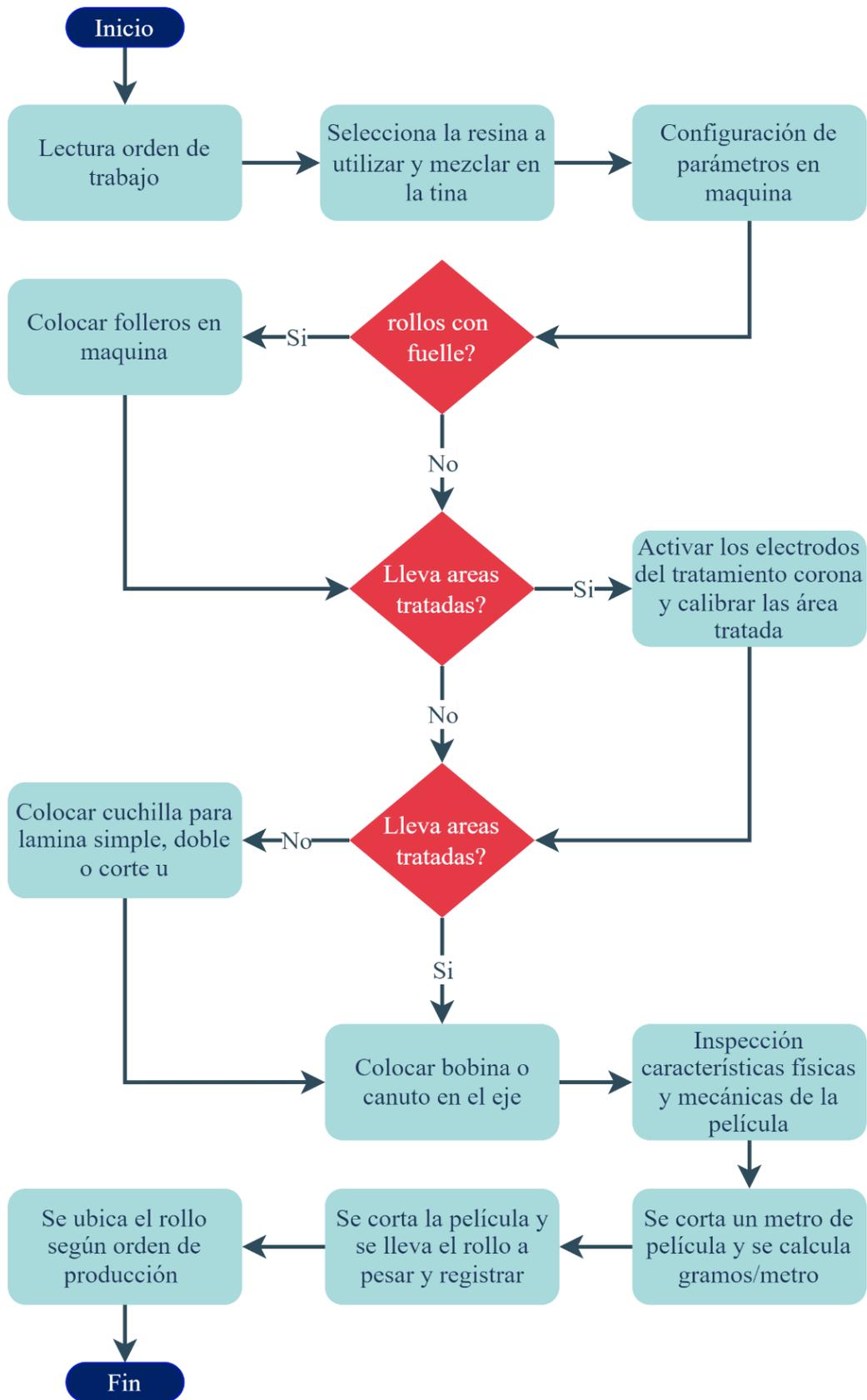


Figura 11. Diagrama de flujo del proceso de extrusión

Elaboración propia

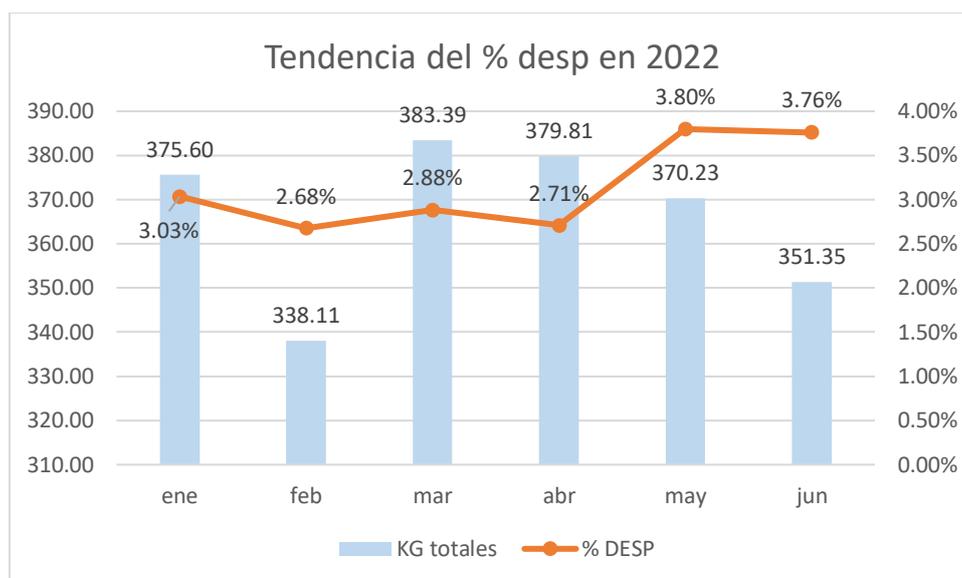


Figura 12. Tendencia del porcentaje de scrap generado en la línea de extrusión

Fuente: Departamento de producción de la empresa Objeto de estudio

Se cuantifica pérdida monetaria generada dentro de la línea de extrusión por la cantidad de scrap generado dando un total de \$ 24.552,26 dólares americanos mensuales. En la Tabla 3 se puede observar las pérdidas monetarias generadas por el incremento en el scrap en comparación con el 2.5% de scrap generado el año pasado en los mismos meses.

Tabla 3. Perdidas monetarias generadas por el incremento del scrap en el primer semestre del 2022

Linea de Extrusion	2022					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
<b>Kg totales</b>	375604	338110,77	383387,2	379808,9	370233,1	351345,5
<b>Kg scrap</b>	11754,3	9295,5	11372,4	10574,4	14616,5	13725,2
<b>% scrap</b>	3,03%	2,68%	2,88%	2,71%	3,80%	3,76%
<b>Costo % scrap real</b>	\$ 24.272,63	\$ 19.195,21	\$ 23.484,01	\$ 21.836,14	\$ 30.183,07	\$ 28.342,54
<b>Costo \$ scrap 2021</b>	\$ 19.887,75	\$ 17.454,97	\$ 19.792,36	\$ 19.607,63	\$ 19.113,28	\$ 18.138,21
<b>diferencia</b>	\$ 4.384,88	\$ 1.740,24	\$ 3.691,64	\$ 2.228,50	\$ 11.069,79	\$ 10.204,33

Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.3. Definición del problema

Para la definición del problema se utiliza la herramienta 3W+2H en conjunto con el equipo de trabajo seleccionado y esto se observa en la Figura 13.

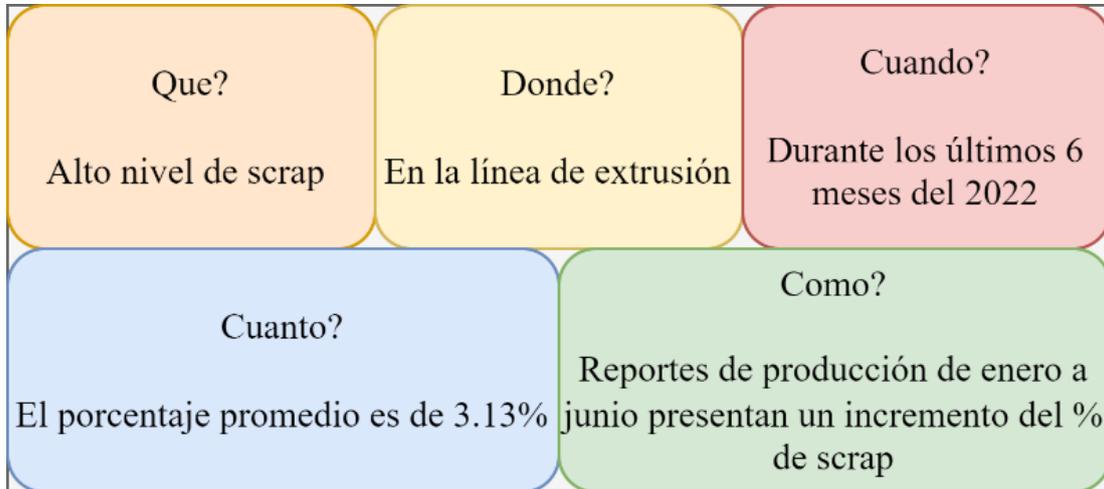


Figura 13. 3W + 2H

Fuente: Elaboración Propia

De esta forma el problema queda definido de la siguiente forma: “Durante los últimos 6 meses del 2022 en los reportes de producción se ha generado un incremento en el porcentaje de scrap generado en la línea de extrusión un promedio de 3.13% de scrap”.

### 3.1.4. Voz del cliente (VOC)

Una vez declarado el problema se procede a realizar una matriz e identificar las necesidades presentadas por el cliente. En la Figura 14 se puede observar la necesidad del cliente, la variable de interés, la meta y los límites.

<b>Necesidad</b>	<b>Variable</b>	<b>Meta</b>	<b>Limite</b>
Reducir el % de scrap generado en la línea de extrusión	% Scrap en extrusión	2,35%	2,68%
Incrementar la productividad del área	kg producidos	n/a	370
Reducir los defectos de calidad que se presentan en el área	kg PNC	n/a	n/a

Figura 14. VOC del equipo de producción

Fuente: Elaboración Propia

Una vez identificada la situación problemática se procede a definir la variable de medición que es la que va a permitir identificar si se alcanzó la meta del presente proyecto técnico para esto se utilizará la ecuación 1 para definir el porcentaje de scrap.

Ecuación 1. Determinar el porcentaje de scrap generado

$$\% \text{ Scrap} = \frac{\text{kg scrap producidos}}{\text{kg scrap producidos} + \text{kg produccion}} * 100$$

Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.5. Alcance

Con los datos presentados se establece que la meta del proyecto técnico es alcanzar una meta de 2,35%, generando un ahorro de \$6500,00 dólares americanos en promedio mensuales, en el peor de los casos se generaría un ahorro de \$4000,00 dólares americanos mensuales.

### 3.2. Medir

Para la fase de medición se elabora un formato para la recolección de datos, para determinar el que, como, donde y quien va a realizar este levantamiento de información

el plan se puede observar en la Figura 15. Adicional se revisará el histórico de la compañía para determinar la confiabilidad de los datos.

Variable	Medición	Encargado	Uso
Kg producción	Reporte de Producción	Departamento de Producción	Determinar el % de scrap generado
Kg scrap	Reporte desperdicio/causa	Operador línea de extrusión	Determinar las posibles causas generadas dentro de la línea de extrusión

Figura 15. Plan de recolección de datos

Fuente: Elaboración Propia

La línea de extrusión cuenta con nueve extrusoras, por lo tanto, se realiza una revisión de los reportes de producción para verificar donde se concentra la mayor cantidad de scrap, en la Figura 16 se puede observar un gráfico del scrap generado por máquina y su contribución a lo largo de los meses.

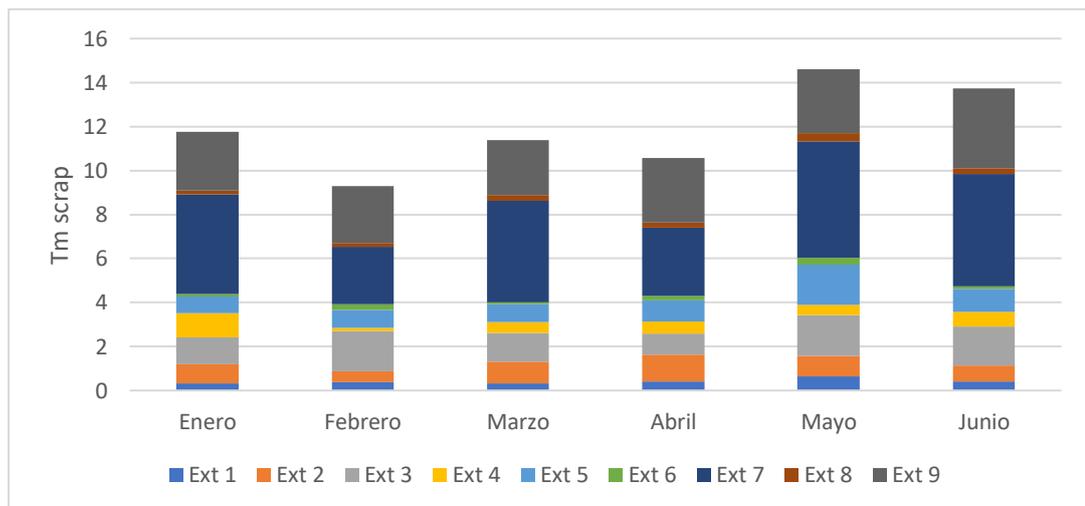


Figura 16. Contribución de toneladas por extrusora

Elaboración Propia

Revisando el histórico de los reportes de producción, las extrusoras siete y nueve son las que mayor contribución aportan a las toneladas de scrap. Mediante un Pareto se revisa el porcentaje de aportación de ambas máquinas esto se puede observar en la Figura 17.

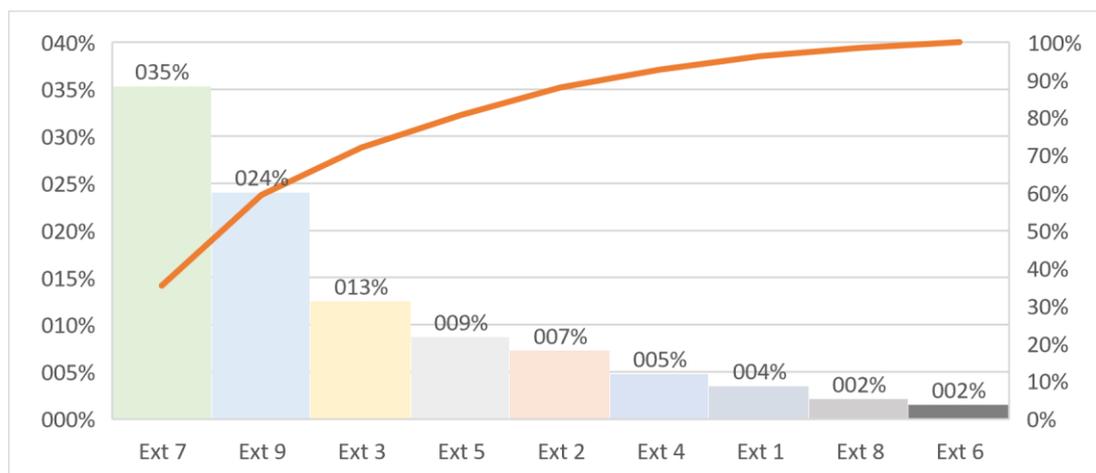


Figura 17. Pareto del porcentaje de scrap generado en la línea de extrusión

Fuente: Elaboración Propia

El porcentaje de scrap generado en las extrusoras 7 y 9 representa el 59,42% del scrap de toda el área en los reportes revisados de los seis primeros meses. Por lo tanto, el análisis se realizará en torno a estas máquinas que representan la mayor capacidad productiva de la empresa. Las toneladas promedio generada en la extrusora 7 en las 21 primeras semanas de año es de 25 toneladas semanales, mientras que la extrusora 9 generó 20 toneladas semanales y en el porcentaje de scrap generado se encuentran en un promedio de 3,79% y 3,20% respectivamente.

Para el registro de los desperdicios hay un apartado dentro del reporte de producción, se selecciona la materia prima utilizada, es decir si es LDPE o HDPE y después se escoge la causa por el cual se generó el desperdicio. En los reportes de producción, hay un reporte llamado desperdicio/causa, donde se almacena la información subida por los operadores indicando la causa y los kilogramos de desperdicio.

Dentro del reporte de producción tiene un apartado para poder indicar el motivo y los kg del scrap generado. Esta información se almacena y se generó un reporte llamado “desperdicio/causa”, dicho reporte es consultado por el departamento de producción para poder identificar cuáles son las principales causas del desperdicio generado. Este reporte fue

solicitado a sistema en el 2018, por lo tanto, se realizó una actualización de este con el equipo de producción y extrusión como se ve en la Figura 18.

5M				
MAQUINA	METODO	MATERIAL	MEDIO AMBIENTE	MANO DE OBRA
FALLA EN EL TRATADOR FALLA MECANICA/ELECTRICA FALLA EN EL GOFRADOR FALLA EN EL CORTE/SELLO FALLA EN EL CHILLER	ARRANQUE MAQUINA PARADA CALIBRACION AREAS TRATADA CALIBRACION FUELLES CALIBRACION TENSIONES CAMBIO DE COLOR CAMBIO DE MALLA CAMBIO DE MEDIDA CAMBIO DE MOLDE ELEVACION DE GLOBO FALTA DE MEDIDA LIMPIEZA BOQUILLA REFILE	CAMBIO DE RESINA FALTA DE MATERIAL MALA MEZCLA MATERIAL BLOQUEADO MATERIAL QUEMADO GRUMOS MATERIAL RAYADO MATERIAL VETEADO OJO DE PESCADO PELETIZADO MALA CALIDAD PUNTOS NEGROS RESINA DE MALA CALIDAD	CORTE DE AGUA CORTE DE ENERGIA ELECTRICA	FALLA OPERACIONAL

Figura 18. Causas generadoras de scrap dentro de la línea de Extrusión

Fuente: Elaboración Propia

Con la actualización en el sistema para los reportes de producción, se realizó un seguimiento durante el mes de junio para identificar las causas principales que generan desperdicio en las extrusoras seleccionadas.

Para asegurar la confiabilidad de los datos, se realizó un seguimiento en colaboración con los líderes de la línea, el departamento de calidad y producción. El área de calidad reporto por los grupos los arranques de cada trabajo y los inconvenientes presentados en el trabajo realizado, los líderes de la línea subían fotografías y videos de los defectos presentados con los motivos y el departamento de producción verificaba las causas con el coordinador de producción. Adicional se tomó un día aleatorio del reporte de producción desperdicio/causa y se lo comparo con la información recolectada en el mes de junio y dio la misma cantidad de kilogramos.

Por lo tanto, la información brindada por los operadores de la línea de extrusión es confiable, concluyendo que el desperdicio generado dentro del área se atribuye a la categoría del método según la clasificación de las 5M descrita previamente.

### 3.3. Análisis

Para poder identificar las causas raíz de las causas definidas en la fase anterior se conformaron dos equipos de trabajo, el primero conformado por el líder de extrusión, el supervisor de calidad y el planificador de producción, y el segundo se conformó por el segundo líder de extrusión, el analista de calidad y el coordinador de producción. Para la revisión de las causas potenciales se realizó el diagrama de casusa efecto Ishikawa.

A continuación, en la Figura 19 se muestra el Ishikawa y una matriz de priorización, para determinar que causas requieren una atención urgente y cuáles pueden ser aplazadas, este grafico se realizó con la información brindada por el equipo 1.

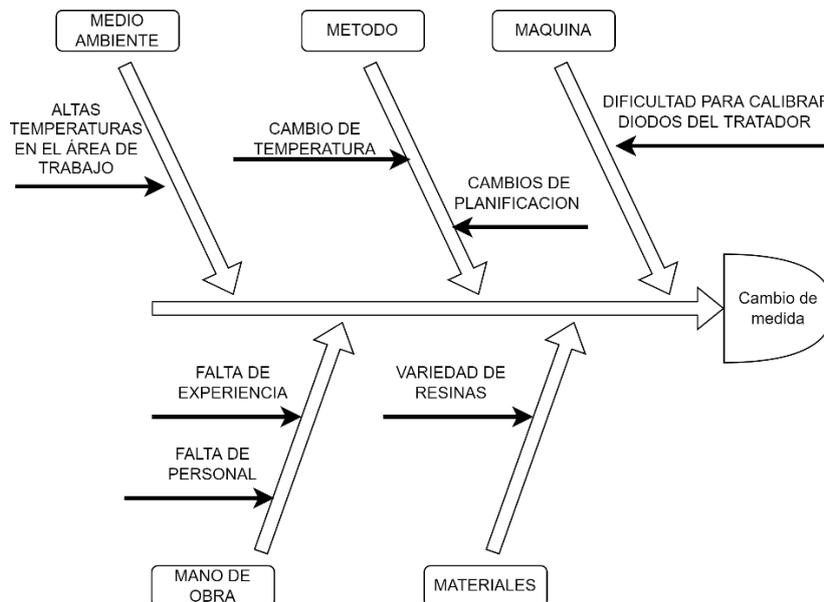


Figura 19. Diagrama Ishikawa por cambio de medida

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, una explicación de las causas descritas en la Figura 19 por el desperdicio generado por cambio de medida.

- Dificultad para calibrar los diodos del tratador: Este desperdicio se genera cuando se van a realizar laminas o rollos para la línea de impresión, para evitar problemas en la línea de sellado se realiza un tratamiento por áreas, es decir que la película se encuentra parcialmente tratada y para conseguir esto se debe

levantar los diodos del tratador, para que en ese punto no sea tratado el material. Esta dificultad a la hora de realizar las áreas tratadas genera un 26,36% más de scrap, que una película sin tratamiento.

- Cambios de temperatura: Para realizar los cambios de medida o trabajo, se debe tomar en cuenta el material con el que se está trabajando, porque si la mezcla del nuevo trabajo requiere una temperatura mayor o menor se debe esperar hasta que la extrusora realice este cambio generando desperdicio debido a que el cambio brusco de temperatura genera defectos en la película.
- Cambios en la planificación: Este desperdicio se genera cuando el coordinador de producción, baja con una nueva orden de producción y suspende el actual trabajo por un nuevo.
- Variedad de Resinas: Este desperdicio se genera, porque se manejan diferentes marcas de un mismo tipo de resina dentro de la empresa lo que genera dificultad a la hora de determinar el comportamiento de esta, por lo que, al realizar el cambio de trabajo, se puede presentar algún defecto.
- Falta de experiencia: Este desperdicio se genera por lo que, no todo el personal está capacitado para trabajar en las extrusora 7 y 9.
- Falta de personal: Este desperdicio se genera por que la extrusora es manejada por un operador y tiene que estar revisando todos los atributos del trabajo por sí solo.
- Altas temperaturas: La sensación térmica dentro de la línea es cercana a 40 grados centígrados, provocando un desgaste en el operador.

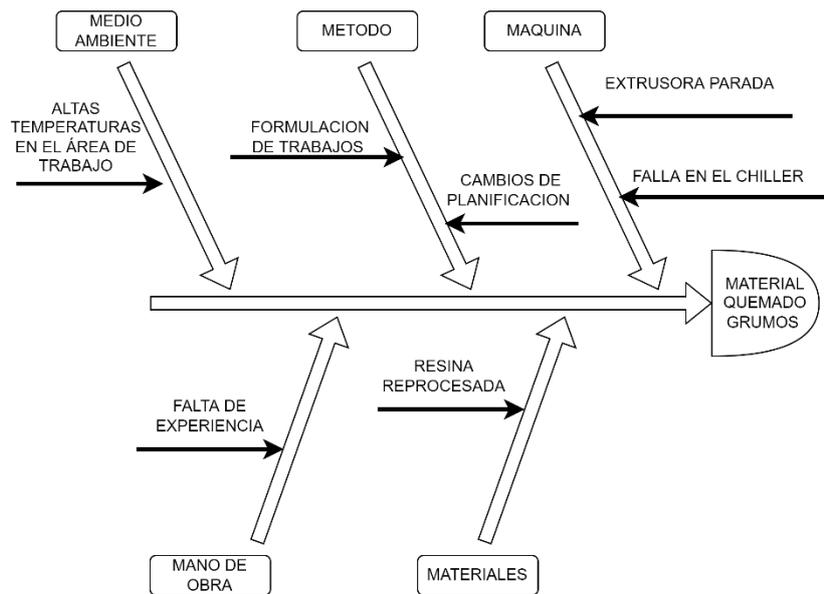


Figura 20. Diagrama de Ishikawa por material quemado grumos

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, una explicación de las causas descritas en la Figura 20 por el desperdicio generado por material quemado grumos.

- **Extrusora Parada:** Se genera el desperdicio cuando la extrusora estuvo parada por un daño mecánico/eléctrico, el material dentro del cilindro se quema al no poder seguir avanzando y al momento de volver a trabajar ese material quemado es arrastrado por el nuevo material y sale en la nueva película.
- **Formulación de trabajos:** Este desperdicio se genera cuando la formulación en el trabajo no es compatible u homogénea, entonces se da una variación de temperatura, lo cual genera grumos en la película.
- **Planificación:** Desperdicio generado cuando no se toma en cuenta los materiales utilizados en el trabajo anterior.
- **Resina reprocesada:** Este desperdicio se genera cuando se utiliza resina reprocesada, la cual genera grumos en la película.

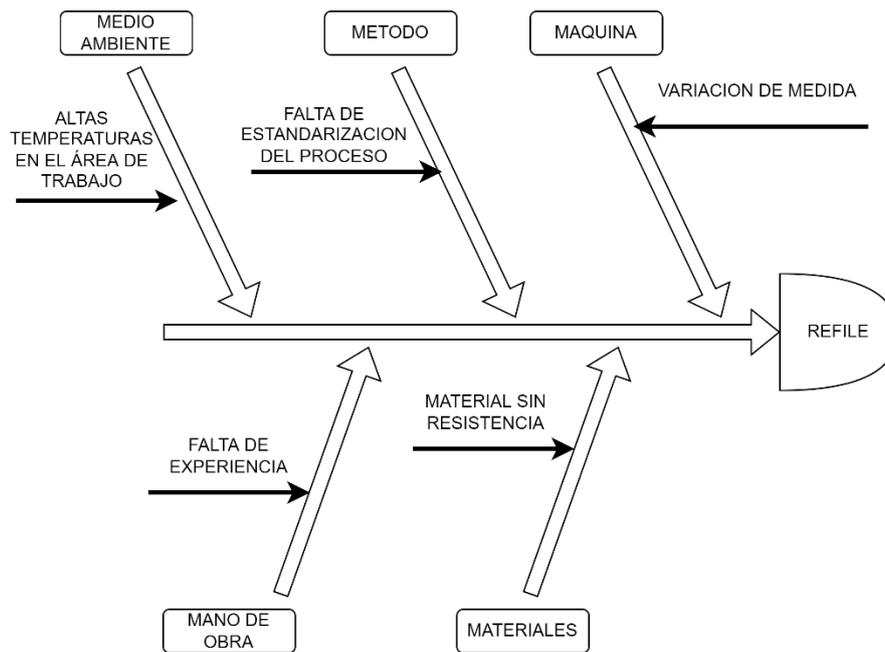


Figura 21. Diagrama de Ishikawa por cambio de medida

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, una explicación de las causas descritas en la Figura 21 por el desperdicio generado por refile.

- Variación de medida: Desperdicio generado por la variación de medida en la extrusora generando que se refile un porcentaje mayor del que se debería.
- Falta de estandarización del proceso: Desperdicio generado por la falta de indicación del personal de producción sobre cuantas pulgadas se deben refilar para poder obtener un rollo simétrico.
- Material sin resistencia: Este desperdicio se genera cuando los materiales utilizados no brindan a la película cierto grado de rigidez, provocando que la cuchilla se salga y se deje de refilar.

Una vez identificadas las causas potenciales, se utiliza la herramienta de los 5 porque, para poder determinar cuál es la causa raíz que genera los desperdicios, esto se describe en la Tabla 4.

Tabla 4. análisis de causas potenciales

Posibles Causas	Por qué?	Por qué?	Por qué?	Por qué?	Por qué?	Causa Raíz
Cambio de medida	Dificultad para calibrar los diodos del tratador	Dificultad de levantar los diodos	Se realizan trabajos con áreas tratadas	Generan dificultad al sellar	El tratamiento afecta el sello	Modelo de tratador inadecuado para áreas tratadas
	Cambios de temperatura	Resinas con diferentes puntos de fusión	Ordenes de trabajo no consideran material a utilizar	Se planifica en función de las fechas de entrega	No se tiene visualización de la formulación a utilizar por parte del planificador	Modulo de planificación sin visualización de los materiales a utilizar
Material quemado Grumos	Cambios en la planificación	Daños en las extrusoras	Se trabaja mediante un modelo de mantenimiento correctivo	La planificación de mantenimiento es realizada por el gerente de producción	Falta de personal capacitado para la planificación de mantenimiento preventivo y predictivo en el departamento de mantenimiento	Ausencia de jefe de mantenimiento
	Variedad de resinas	Se compra de diferentes proveedores	Se compra en función de la disponibilidad y del costo	n/a	n/a	No se considera la calidad del material al realizar la compra
Refile	Ancho mayor al requerido	se calibra la maquina para dejar este exceso de medida según el criterio del operador	el personal no tiene un criterio establecido de cuanto exceso debe calibrar	el departamento de producción no ha establecido el criterio de refile	n/a	Ausencia de procedimiento para el refile de rollos

Fuente: Elaboración Propia

Se elabora un plan de verificación para las causas raíz y poder determinar la veracidad de estas. El método utilizado para esta verificación es la observación directa y la revisión de los reportes de calidad y mantenimiento los datos de pueden identificar en la Tabla 5.

Tabla 5. verificación de causas potenciales

No.	CAUSAS POTENCIALES	TEORÍA DEL IMPACTO	MÉTODO DE VALIDACIÓN	ESTATUS
1	Modelo Inadecuado de tratador para áreas tratadas	El tratador tiene la capacidad de poder calibrar diferentes áreas tratadas, pero se requiere un esfuerzo físico para poder subir y bajar los diodos y esta actividad se realiza con la máquina operativa generando desperdicio hasta conseguir las áreas requeridas	Observación directa del proceso dentro de la línea	Finalizado
2	Módulo de planificación sin visualización de los materiales a utilizar	Al no haber visualización de la resina utilizada para cada trabajo, se genera desperdicio al estar regulando la temperatura para cada orden, provocando que el material presente defectos físicos y sea mandado al desperdicio	Entrevista con planificador de la producción y líder de la línea de extrusión	Finalizado
3	Ausencia de jefe de mantenimiento	En el equipo de mantenimiento, hay un líder de mantenimiento que está encargado de gestionar a los operadores, pero que no realiza una planificación de los mantenimientos preventivos y predictivos, que eviten la parada de máquinas debido a la falta de preparación académica.	Entrevista con líder de mantenimiento	Finalizado
4	No se considera la calidad del material al realizar la compra	El dueño de la empresa, no compra la resina basándose en las indicaciones presentadas por el departamento de producción, generando un retrabajo por que se requiere volver a generar fórmulas de los productos establecidos, al no haber un historial de comportamiento, generando desperdicio de no conseguir el resultado esperado.	Entrevista con el Gerente de producción y líder de la línea de extrusión	Finalizado
5	Ausencia de procedimientos para el refilado del rollo	Al no haber una medida establecida sobre cuánto se debe refilar, se genera un desperdicio mayor al que se debería ya que los operadores refilarán en función a su criterio	Entrevista con el líder de la línea de extrusión	Finalizado

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4. Mejora

Una vez determinadas las causas raíz del scrap o desperdicio generado, se realizó una lluvia de ideas con el personal de producción y extrusión para encontrar posibles soluciones, después se elaboró una matriz de impacto esfuerzo para poder seleccionar cuáles serían las soluciones que generan mayor beneficio con el menor esfuerzo y por último se elabora un plan de implementación de las mejoras como se observa en la Tabla 6.

Tabla 6. Soluciones propuestas para causas raíz

No .	CAUSA RAIZ	SOLUCION PROPUESTA
1	Modelo Inadecuado de tratador para áreas tratadas	Adquirir un nuevo tratador para la extrusora. Establecer criterios para la planificación de ordenes con tratamiento. Calibrar áreas previo el cambio de trabajo.
2	Módulo de planificación sin visualización de los materiales a utilizar	Realizar una clasificación de las ordenes por el tipo de material a utilizar.
3	Ausencia de jefe de mantenimiento	Realizar capacitación al líder de mantenimiento para la planificación de mantenimientos preventivos y concientizar sobre los problemas generados por paros. Realizar la contratación de un jefe para el área de mantenimiento.
4	No se considera la calidad del material al realizar la compra	Definir proveedores para cuando se requieran comprar por disponibilidad o costo, esto permitirá tener un histórico de los materiales, aunque haya una variación.
5	Ausencia de procedimientos para el refile del rollo	Establecer procedimiento para el proceso de refile en extrusión.

Fuente: Elaboración Propia

Con las soluciones propuestas establecidas se realiza una matriz de esfuerzo impacto para determinar cuáles son las soluciones en donde se deberá realizar el primer enfoque para esto se definieron los siguientes criterios en conjunto con el departamento de producción y extrusión cómo se observa en la Tabla 7.

- El costo de la implementación
- El tiempo requerido para su aplicación
- Los departamentos involucrados
- La predisposición al cambio

Tabla 7. Matriz de esfuerzo impacto

<b>SOLUCION</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>IMPACTO</b>
Establecer criterios para la planificación de ordenes con tratamiento	FÁCIL	ALTO
Realizar una clasificación de las ordenes por el tipo de material a utilizar.	FÁCIL	ALTO
Establecer procedimiento para el proceso de refile en extrusión.	FÁCIL	ALTO
Realizar la contratación de un jefe para el área de mantenimiento.	DIFICIL	ALTO
Adquirir un nuevo tratador para la extrusora.	DIFICIL	ALTO
Calibrar áreas previo el cambio de trabajo.	FÁCIL	BAJO
Realizar capacitación al líder de mantenimiento para la planificación de mantenimientos preventivos y concientizar sobre los problemas generados por paros.	DIFICIL	BAJO
Definir proveedores para cuando se requieran comprar por disponibilidad o costo, esto permitirá tener un histórico de los materiales, aunque haya una variación.	DIFICIL	ALTO

Fuente: Elaboración Propia

Una vez determinado cuales son las propuestas con mayor impacto y menor esfuerzo, se realiza un plan de implementación que permita identificar los requerimientos necesarios para la implementación de este. A continuación, se detallan las propuestas seleccionadas para el alcance de este proyecto en la Tabla 8.

Tabla 8. Planificación de implementación de mejoras

CAUSA RAIZ	SOLUCION PROPUESTA	QUE?	COMO?	DONDE?	CUANDO?	CUANTO?	QUIEN?
MODELO DE TRATADOR INADECUADO PARA AREAS TRATADAS	ESTABLECER CRITERIOS PARA LA PLANIFICACIÓN DE ORDENES CON TRATAMIENTO	REDUCIR EL DESPERDICIO POR CALIBRACION DE MATERIAL PARA IMPRESION	DIFERENCIAR LOS TIPOS DE TRATAMIENTO DE CADA TRABAJO E IDENTIFICAR EN MAQUINAS SE PUEDEN REALIZAR CON EL MENOR DESPERDICIO	EN LA LINEA DE EXTRUSION	JULIO DEL 2022	\$0	LIDER DE PROYECTO Y EL PLANIFICADOR DE LA PRODUCCION
MODULO DE PLANIFICACION SIN VISUALIZACION DE LOS MATERIALES A UTILIZAR	REALIZAR UNA CLASIFICACIÓN DE LAS ORDENES POR EL TIPO DE MATERIAL A UTILIZAR.	REDUCIR EL DESPERDICIO POR LA VARIACION DE TEMPERATURA EN LA EXTRUSORA	REALIZANDO UNA MATRIZ EN EXCEL QUE PERMITA IDENTIFICAR LOS MATERIALES A UTILIZAR PARA QUE EL PLANIFICADOR LOS COLOQUE SEGUN SU MATERIAL	EN LA LINEA DE EXTRUSION	JULIO DEL 2023	\$0	LIDER DE PROYECTO Y EL PLANIFICADOR DE LA PRODUCCION
AUSENCIA DE PROCEDIMIENTO PARA EL REFILE DE ROLLO	ESTABLECER PROCEDIMIENTO PARA EL PROCESO DE REFILE EN EXTRUSION	REDUCIR EL EXCESO DE DESPERDICIO GENERADO POR EL REFILE EN MAQUINA	ESTABLECER UN PROCEDIMIENTO CON EL COORDINADOR DE LA PRODUCCION	EN LA LINEA DE EXTRUSION	JULIO DEL 2023	\$0	LIDER DE PROYECTO Y EL COORDINADOR DE LA PRODUCCION

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.1. Implementación de soluciones propuestas.

#### 3.4.1.1. Propuesta 1: Establecer criterios para la planificación de órdenes con tratamiento.

Se realizó una reunión con el departamento de producción para poder levantar los criterios relacionados con los trabajos que posean tratamiento de corona, ya sea por áreas o completo. A continuación, se detallan los criterios establecidos para la planificación.

- Tipo de tratamiento (áreas o completo)
- Tamaño de la película a extruir
- Tipo de material
- Numero de capas requeridas
- Fácilidad de calibración

Con los criterios establecidos, se procedió a revisar los trabajos realizados por la empresa desde enero a junio del 2022 y se realizó una matriz como se observa en la Figura 22, con los datos obtenidos con la recomendación del líder del proyecto sobre en qué extrusora se deben realizar los trabajos para poder reducir el porcentaje de scrap.

1	CODIGO	DESCRIPCION	ITEM	MAQUINA	KG	DESP	ANCHO	CAPAS	MATERIAL	TIPO TRAT	No. AREAS	DIFICULTAD
2	FAPC-00000	ROLLO A/D	ITEM 1	Extrusora 7	401.8	14.7	862	3	A/D	COMPLETO	1	FACIL
3	FAPC-00000	ROLLO A/D	ITEM 2	Extrusora 7	511.2	9.5	1100	3	A/D	COMPLETO	1	FACIL
4	FAPC-00000	ROLLO A/D	ITEM 3	Extrusora 7	366.2	0	1285	3	A/D	COMPLETO	1	FACIL
5	FBNC-00000	ROLLO B/D	ITEM 4	Extrusora 7	577.9	0	610	3	B/D	COMPLETO	1	FACIL
6	FBNC-00001	ROLLO B/D	ITEM 5	Extrusora 7	445.7	23.9	1192	3	B/D	COMPLETO	1	FACIL
7	FBNC-00002	ROLLO B/D	ITEM 6	Extrusora 7	334.4	9.7	1290	3	B/D	COMPLETO	1	FACIL
8	FBNC-00003	ROLLO B/D	ITEM 7	Extrusora 7	373.7	75.9	546	3	B/D	COMPLETO	1	FACIL
9	FBNC-00004	ROLLO B/D	ITEM 8	Extrusora 7	3744.4	466.6	1029	3	B/D	COMPLETO	1	FACIL
10	FBNC-00004	ROLLO B/D	ITEM 9	Extrusora 7	5361.1	415.7	1029	3	B/D	COMPLETO	1	FACIL
11	FBNC-00005	ROLLO B/D	ITEM 10	Extrusora 7	2634.1	384.9	1030	3	B/D	COMPLETO	1	FACIL

Figura 22. Matriz de ítems con tratamiento

Fuente: Elaboración Propia

Con la matriz elaborada se realizó una revisión comparando los datos de la matriz con los datos obtenidos en los reportes de producción, para poder

visualizar la proporción de trabajos con tratamientos complicados que se realizaron en la extrusora 7 en comparación de la extrusora 9 cómo se observa en la Figura 23. Adicional se generó la recomendación de varios trabajos realizados en la extrusora 9 se podían migrar a la extrusora 7, generando un menor impacto en el desperdicio ya que el tratador de la extrusora 9 es de fácil calibración para área de tratamiento.

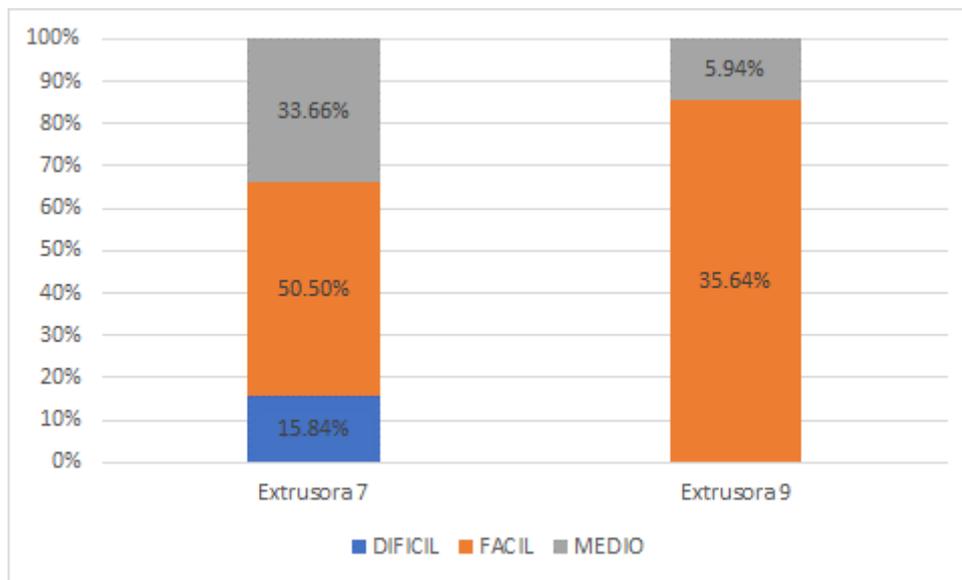


Figura 23. Comparativa de trabajos con tratamiento por extrusora

Fuente: Elaboración Propia

Con la matriz levantada, se agregó al módulo de planificación y con la actualización del departamento de desarrollo mantener en crecimiento la matriz, que podrá ser consultado desde el módulo de planificación para poder determinar hacia dónde va la orden de trabajo. Adicional a esto se levantó con mantenimiento la posibilidad de realizar modificaciones al tratador de la extrusora 7 para poder facilitar la calibración. En la Figura 24 se observa los

nodos para dar tratamiento a la película y como se realiza el tratamiento completo, donde no hay necesidad de mover los nodos.



Figura 24. Material con tratamiento completo

Fuente: Elaboración Propia

#### **3.4.1.2. Realizar una clasificación de las órdenes de trabajo por el tipo de material.**

Se revisaron las formulaciones que se utilizaron en junio del 2022 y se enlistaron los tipos de materiales utilizados y la frecuencia de uso mediante los reportes de producción, la empresa trabaja con polietileno de baja y alta densidad, pero dentro del baja densidad hay otras clasificaciones de material, que son el metaloceno, general, lineal con o sin aditivos y el industrial. Las extrusoras 7 y 9 al contar con tres capas, se juega con la formulación en cada una de sus capas para poder brindar a la película diferentes características físicas y mecánicas por ello se suele usar fórmulas que incluyen polietileno de alta, a pesar de que fue diseñada para trabajar con baja densidad.

Para evitar los cambios bruscos de formulación, se adaptó al módulo de planificación códigos de materiales, que permita agruparlos por familia de

productos, además de establecer procedimientos para los cambios de trabajos en las extrusoras, se utiliza la ecuación 2 para poder generar los códigos por sistema.

### Ecuación 2. códigos de material

$$\text{Codigo} = \text{Tipo} + \text{material complejo} + \text{porcentaje de aporte}$$

#### PLAN DE PRODUCCION

			extrusion	impresion	laminado	corfe	sellado	troquel											
									CLIENTE		PEDID	ES	F. INGF	ITEM	CANTID	KG	F. SOLIC	F. ENTREC	
E0100			X						EXTRUSORA 1						TOTAL				
E0126	S04	X				X			CLIENTE 1	AM50	29553	ACT.	16/06/2022	ITEM 1	80,000	2,367	14/07/2022	14/07/2022	
E0127	S04	X				X			CLIENTE 2	AM33	29756	ACT.	04/07/2022	ITEM 2	10,000	554	12/07/2022	15/07/2022	
E0128	S06	X				X			CLIENTE 3	AR25	29767	ACT.	04/07/2022	ITEM 3	13,600	304	10/07/2022	15/07/2022	
E0129	S02	X				X			CLIENTE 4	AR25	29747	ACT.	01/07/2022	ITEM 4	21,600	315	10/07/2022	15/07/2022	
E0150	S04	X				X			CLIENTE 5	AM70	29554	ACT.	16/06/2022	ITEM 1	100,000	2,959	21/07/2022	19/07/2022	
E0160	S04	X				X			CLIENTE 1	AR70	29834	ACT.	08/07/2022	ITEM 5	20,000	519	15/07/2022	20/07/2022	
E0170	S04	X				X			CLIENTE 4	BM50	29402	ACT.	06/06/2022	ITEM 6	10,000	496	11/07/2022	01/08/2022	
E0175	S04	X				X			CLIENTE 2	BI70	29841	ACT.	08/07/2022	ITEM 1	100,000	2,959	02/08/2022	02/08/2022	
E0180	S08	X				X			CLIENTE 1	BI30	29093	ACT.	11/05/2022	ITEM 1	223,000	1,788	01/08/2022	05/09/2022	
E0200			X						EXTRUSORA 2						TOTAL				
E0211	S05	X				X			CLIENTE 2	AM50	29694	ACT.	30/06/2022	ITEM 7	650,000	1,334	11/07/2022	14/07/2022	
E0213	S10	X				X			CLIENTE 2	AM33	29758	ACT.	04/07/2022	ITEM 8	50,000	2,802	12/07/2022	17/07/2022	
E0214	S10	X				X			CLIENTE 3	AR25	29825	ACT.	08/07/2022	ITEM 9	22,800	301	15/07/2022	20/07/2022	
E0215	S10	X				X			CLIENTE 4	AR25	29762	ACT.	04/07/2022	ITEM 10	50,000	3,386	12/07/2022	23/07/2022	
E0216	S10	X				X			CLIENTE 5	AM70	29838	ACT.	08/07/2022	ITEM 11	250,000	10,951	21/07/2022	25/07/2022	
E0217	S10	X				X			CLIENTE 5	AR70	29598	ACT.	21/06/2022	ITEM 12	100,000	4,574	12/07/2022	25/07/2022	
E0218	S09	X				X			CLIENTE 6	BM50	29570	ACT.	17/06/2022	ITEM 13	50,000	337	08/08/2022	25/07/2022	
E0220	S05	X				X			CLIENTE 7	BI70	29544	ACT.	16/06/2022	ITEM 14	500,000	1,026	29/07/2022	27/07/2022	
E0223	S10	X				X			CLIENTE 5	BI30	29836	ACT.	08/07/2022	ITEM 15	100,000	4,574	29/07/2022	29/07/2022	
E0225	S10	X				X			CLIENTE 5	BM45	29837	ACT.	08/07/2022	ITEM 16	200,000	8,761	28/07/2022	01/08/2022	
E0230	S09	X				X			CLIENTE 6	BM89	29565	ACT.	17/06/2022	ITEM 17	80,000	371	25/07/2022	01/08/2022	
E(I0283	S06	X	X			X			CLIENTE 4	BM100	29707	ACT.	30/06/2022	ITEM 18	55,000	659	15/08/2022	13/08/2022	
E(I0283	S06	X	X			X			CLIENTE 4	BR45	29708	ACT.	30/06/2022	ITEM 19	48,800	743	15/08/2022	13/08/2022	

Figura 25. Plan de producción con los códigos de material

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la Figura 25 dentro del plan de producción se añadió la columna del código de material lo cual permite identificar el tipo de producto y la aportación del material complejo. Se refiere a material complejo, aquellos que generan un cambio de temperatura o que su composición genere grumos en la película, la familia de materiales utilizadas en la empresa caso de estudio son:

- Metaloceno: Baja temperatura de fusión
- Industrial: Alta temperatura de fusión
- Reprocesado: Genera grumos

Esta visualización permite agrupar los pedidos según los materiales complejos que posean, adicional sirve como guía para determinar cuáles son los productos que contienen reprocesado y tener visualización de los kilogramos de reprocesado requerido para las ordenes en plan, que por el momento no se cuenta con ello.

#### **3.4.1.3. Establecer procedimiento para el refile de rollos en extrusión**

Para el procedimiento de extrusión se realizó una reunión con el coordinador de producción para identificar las actividades que se deben realizar para refilar en las extrusora, adicional se mostraron las entrevistas con el personal operativo de la planta y se evidencio que el personal refila hasta 3 pulgadas de la película como se observa en la Figura 26, esto debido a que no hay un valor establecido dentro de la línea y que dependiendo la formulación utilizada se forman arrugas que hace que salte la cuchilla.

Por lo tanto, se propuso suspender el material reprocesado para los trabajos que requerían refile en extrusión ya que esto generaba una inestabilidad en el globo generando arrugas y variación de medida, dificultando el proceso de refile.

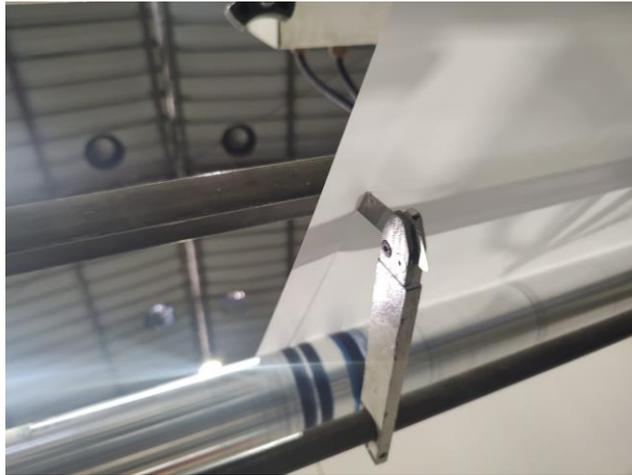


Figura 26. Refile en máquina con uso de reprocesado

Fuente: Elaboración Propia

### 3.5. Control

En la fase de controlar se debe garantizar que las propuestas realizadas van a perdurar en el tiempo. Por lo tanto, se creó un gráfico de control para el área de producción que les permita identificar el porcentaje de scrap que están generando de forma semanal como se observa en la Figura 27.

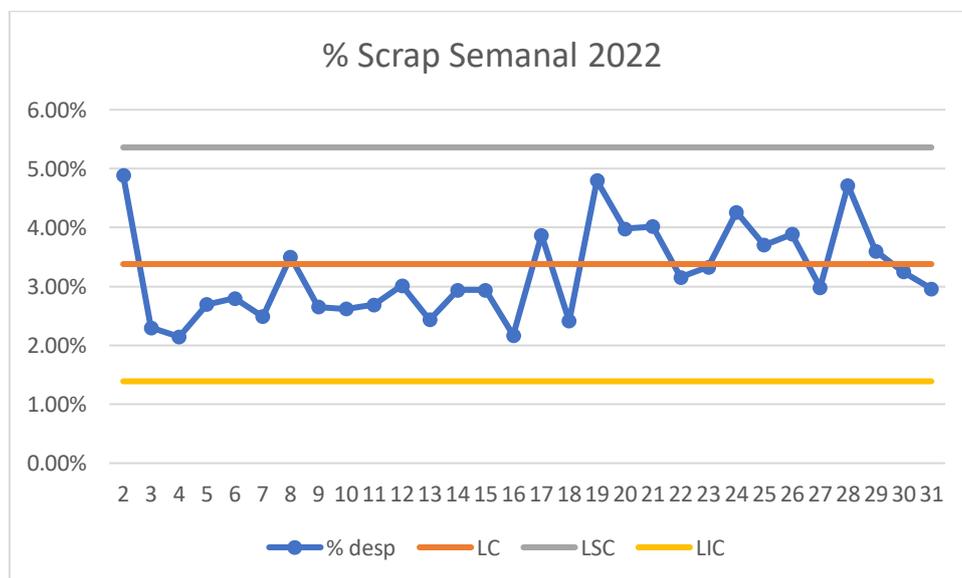


Figura 27. Gráfico de control de scrap semanal

Fuente: Elaboración Propia

Adicional se elaboró una planificación de reuniones con líderes de área que permita identificar las causas generadoras de scrap mediante, el personal que está a cargo del proceso, ya que esto no está presente dentro de la compañía.

## **CAPITULO 4**

### **RESULTADOS**

En este capítulo se verificará los resultados obtenidos en cada una de las fases del DMAIC y se van a relacionar con los objetivos planteados en el capítulo 1.

En la fase definir se realizaron entrevistas con el personal involucrado en el proceso de extrusión, además se verifico mediante la observación directa las entradas y salidas del proceso y se diseñó un SIPOC como se muestra en la Figura 28, que permite identificar los responsables de este.

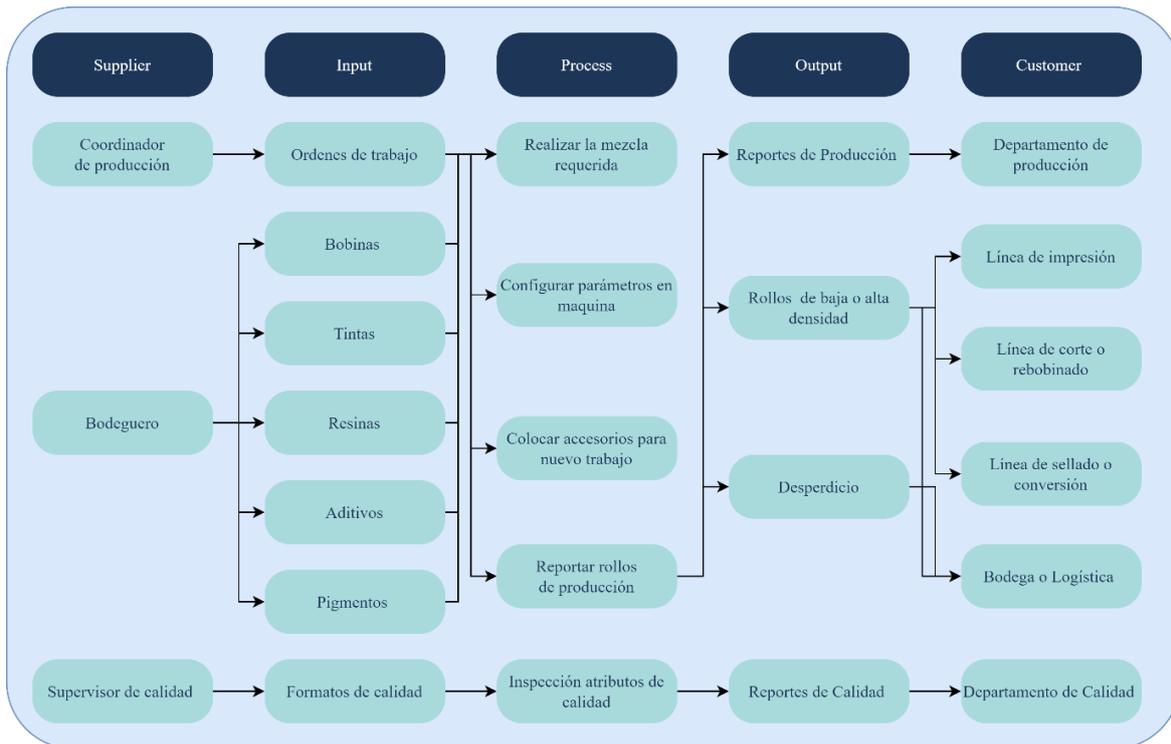


Figura 28. SIPOC línea de extrusión

Fuente: Elaboración Propia

En la fase de medir se revisaron los reportes de producción dando como resultado una disminución del scrap generado en el mes de julio, la meta estaba establecida era conseguir un 2,35% de scrap mensual, después de la implementación realizada se logró conseguir un 2,82%. Es decir, hubo una diferencia del 20% en relación con la meta establecida, pero se generó una reducción del 33% del desperdicio mensual comparado con el mes de junio como se muestra en la Figura 29.

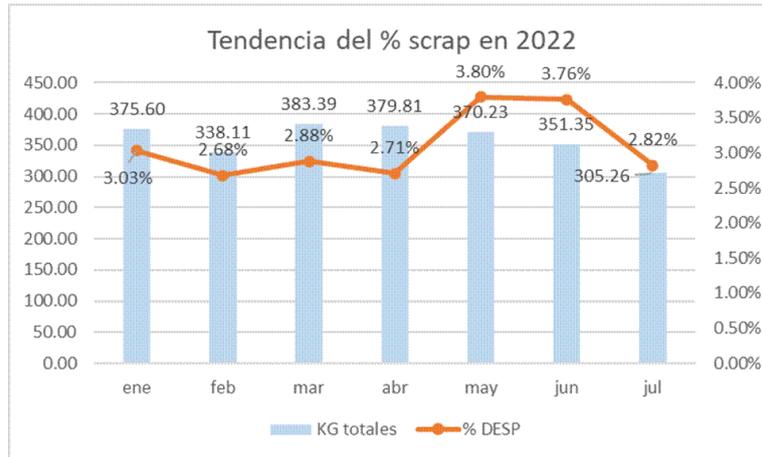


Figura 29. Tendencia de scrap de enero a julio

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 9 se muestra la reducción porcentual en relación con el mes de junio y el ahorro estimado que se generó utilizando como base los datos facilitados por finanzas de un costo de \$0,222 por servicio de extrusión y \$1,843 costo promedio de resina. De mantenerse las implementaciones realizadas se estima un ahorro de \$120,606.72 dólares anuales por mantener un porcentaje de scrap del 2,82%.

Tabla 9. Diferencia de producción entre julio a junio

Linea de Extrusion	2022		Diferencia %
	Junio	Julio	
Kg totales	351345.5	305260	-15%
Kg scrap	13725.2	8858.1	-55%
% scrap	3.76%	2.82%	-33%
Costo % scrao real	\$28,342.54	\$18,291.98	\$ 10,050.56

Fuente: Elaboración Propia

Para la fase de analizar se estableció un formato de recolección de datos y en conjunto con el departamento de producción y el equipo de extrusión se estableció un listado de las causas que generaban scrap en la línea. Se estableció mediante el Pareto las extrusoras que generaban mayor cantidad de scrap y mediante el listado de causas se determinaron los siguientes resultados.

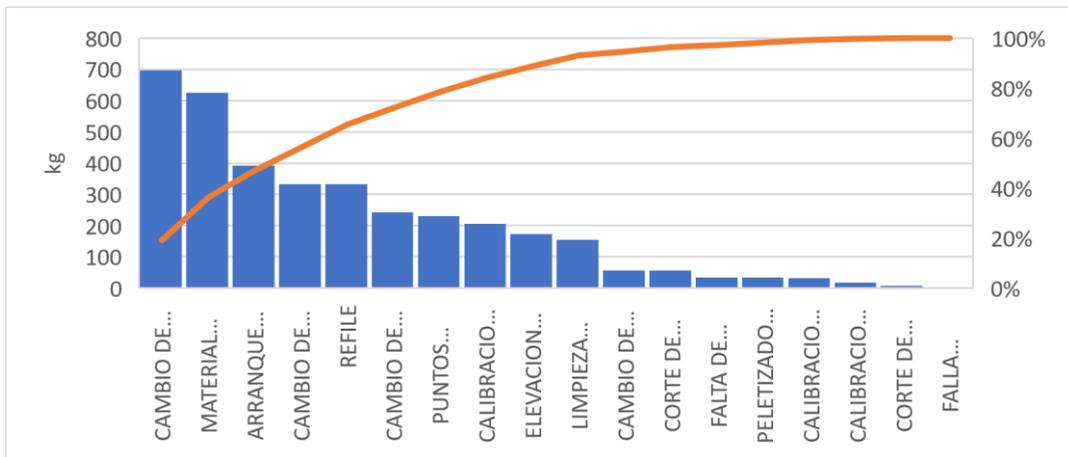


Figura 30. Pareto de las causas de scrap en la extrusora 7

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la Figura 30 las principales causas que generan desperdicio en la extrusora 7 son los cambios de medida y el material quemado grumos representando un 36% del total de kilogramos de desperdicio.

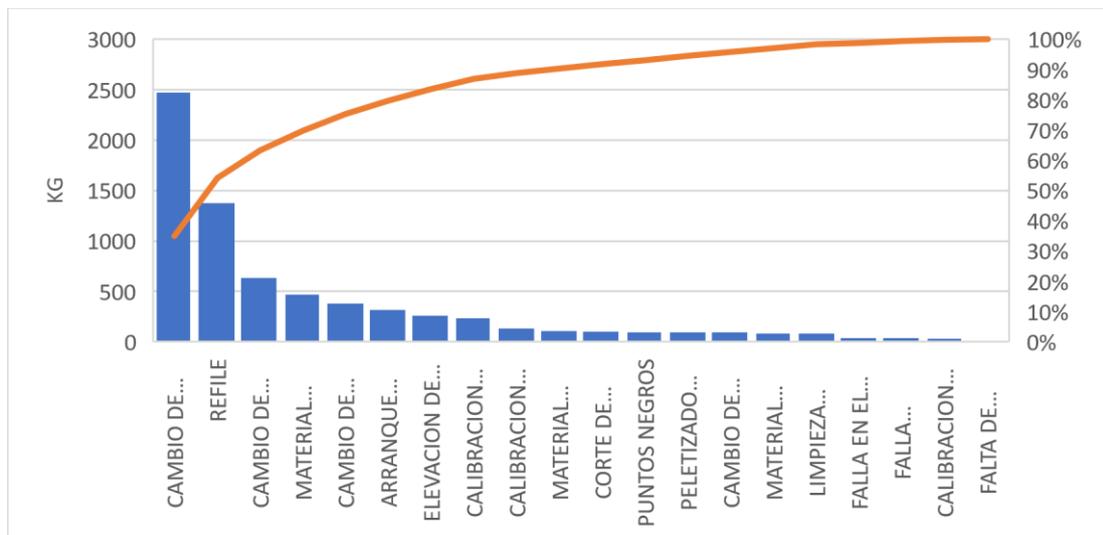


Figura 31. Pareto de las causas de scrap en la extrusora 9

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 31 se observa que las principales causas de desperdicio en la extrusora 9 son por cambio de medida y refile, representando un 54% del total de kilogramos de desperdicio. Se pudo identificar las principales causas generadoras del desperdicio en la línea de extrusión y cuál es su grado de aportación de cada motivo como se observa en la Tabla 9.

Tabla 10. Principales causas del scrap

<b>CAUSA</b>	<b>KG</b>	<b>% APORTACION</b>
CAMBIO DE MEDIDA	4654,6	28,17%
REFILE	2129,3	12,88%
MATERIAL QUEMADO GRUMOS	1411	8,54%
ARRANQUE MAQUINA PARADA	1246,4	7,54%
CAMBIO DE RESINA	1212,2	7,34%
CAMBIO DE COLOR	1129	6,83%
ELEVACION DE GLOBO	1031,3	6,24%
CALIBRACION FUELLES	712,6	4,31%
LIMPIEZA BOQUILLA	513,4	3,11%
PUNTOS NEGROS	396,8	2,40%
CAMBIO DE MALLA	349,2	2,11%
MATERIAL VETEADO	274,3	1,66%
CALIBRACION AREA TRATADA	190,5	1,15%

Fuente: Elaboración Propia

Durante la fase de análisis se consiguió verificar los datos brindado por el área de producción y se revisó con el equipo de extrusión las causas que generaban scrap y se logró identificar una falta de planificación dentro del departamento de producción. Para poder brindar solución a estos problemas en la fase de mejora se generaron propuestas para los motivos que mayor impacto generaban dentro de la línea de extrusión, dando como resultados vistos en la Figura 32 y Figura 33.



Figura 32. Refile en máquina extrusora

Fuente: Elaboración Propia

Como se observar en la Figura 32 se realiza un refile a 10 mm del borde de la película, al no poseer reprocesado el globo gana estabilidad y no presenta variación de medida que puede hacer saltar la cuchilla.

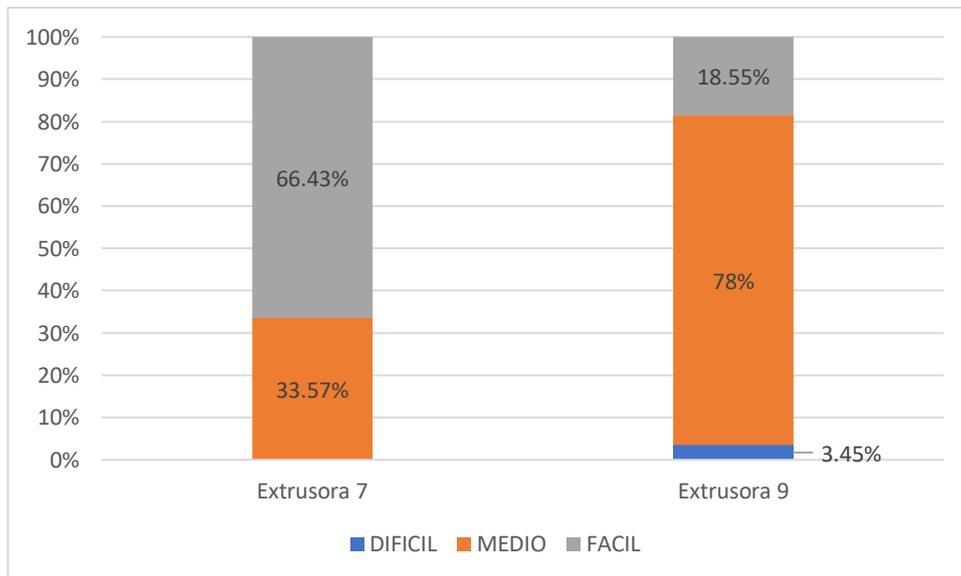


Figura 33. Comparativa de trabajos con tratamientos en las extrusoras

Fuente: Elaboración Propia

Durante el mes de julio se realizó la planificación de los trabajos tratados basado en la matriz levantada para ver la variación en el desperdicio generado en la línea de extrusión dando como resultado una disminución del 30% de scrap o desperdicio generado quedando en el 13,4% cómo se observa en la Figura 33.

En la fase de control el equipo de producción no contaba con ningún método de identificación ni control del scrap que se generaba dentro del área, se estableció un beneficio para los operadores mediante una meta establecida, que sería de conseguir el 2,80% de scrap mensual, pero no se contaba con un plan de mejora continua. Por lo tanto, se creó un gráfico de control por cada una de las extrusoras que permita identificar cuando hay una variación en el desperdicio y levantar una investigación de las causas que lo generaron.

### CRONOGRAMA

Actividades	JUNIO				JULIO				AGOSTO
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1
Entrevista con departamento de produccion									
Entrevista con lideres de la linea de extrusion									
Recoleccion de informacion por observacion directa									
Revision de reportes de produccion									
Revision de los desperdicios generados en la linea									
Presentacion de hallazgos al departertamento									
Reunion para lluvia de ideas para posibles soluciones									
implementacion de soluciones obtenidas									
Revision de los resultados									

### PRESUPUESTO

Para el presente proyecto técnico no se requirió gastar en equipos ni implementos, ya que al ser una propuesta de mejora del sistema que ya se encontraba dentro de la empresa, no se requirió el uso de dinero para la implementación de las soluciones.

## **CONCLUSIONES**

- Se identificó que el cambio de medida, material quemado grumos y el refile son los principales generadores de scrap dentro de la línea de extrusión, se creó una matriz de tratamientos, códigos de productos y se estandarizó el refile en máquina dando como resultado una reducción del 33% del promedio mensual de desperdicio.
- Reduciendo un 33% el porcentaje promedio de scrap en la línea de extrusión, se generó un ahorro de \$10,050.56 en el mes de julio, si se mantienen las mejoras aplicadas dentro de la línea se estima un ahorro de \$84,000 anuales.
- Para poder mantener la meta de scrap mensual, se debe incrementar la capacidad de venta, ya que la falta de pedidos de producción genera paradas de máquina que ocasionan un incremento en el desperdicio por materia quemado grumos.

## **RECOMENDACIONES**

- Realizar revisiones semanales de los motivos del scrap generado para poder mantener la mejora continua.
- Realizar capacitaciones al personal, para poder explicar la importancia de la disminución del scrap.
- Implementar proyectos de mejoras presentados por el personal de la planta.
- Para futuros proyectos tomar en cuenta el factor de ventas de la empresa, ya que, al no poseer ventas, se realizaron varias paradas de máquina que incrementan el porcentaje de scrap creando una variación en los datos.

- Verificar los desperdicios en el momento, ya que, el personal operativo tiene dificultades para utilizar la computadora.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Andrés, A., & Valenzuela, A. (2018). *Reducción de Desperdicio de papel en una Línea de conversión de Rollos*. Escuela Superior Politecnica del Litoral, Guayaquil. Recuperado el 7 de 1 de 2022, de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/43867>
- Beltrán, M. (2011). *Tecnología de los Polímeros*. Universidad de Alicante, Alicante. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10045/16883>
- Castillo, G. (2021). Analisis Causa Raiz. *Propuesta de mejora de la calidad de los procesos de extrusión en la empresa de empaques plásticos Sunchodesa Representaciones Cía. Ltda.* Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/55907>
- Espinoza, A. (2020). *Propuesta de mejora continua en el proceso de producción de una planta de plásticos mediante la metodología PDCA y manufactura esbelta*. Pontificia Universidad Católica de Perú, Lima. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/15595>
- Gonzáles, H., & Escobar, C. (2021). Aplicación de la herramienta SIPOC a la cadena de suministro interna de una empresa distribuidora de medicamentos. *Revista Lumen Gentium*, 5(2), 119-134. Obtenido de <https://doi.org/10.52525/lg.v5n2a8>
- Guillen, L., & Moncayo, K. (2018). *Mejoramiento de la rotación de inventario en una bodega de una*. Guayaquil. Recuperado el 7 de 1 de 2022, de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/46928>
- Maldonado, R., Vinueza, N., Pozo, P. d., & luna, S. (2021). Análisis del feminismo radical en la sociedad según el Método General de Solución de Problemas y Diagrama de Ishikawa. *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores*, 8(spe3), 00006. Obtenido de <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i.2685>
- Martinez, J. (2022). *Análisis causa raíz del desperdicio en el proceso de extrusión de película de polietileno en la empresa industrias plásticas de cucuta s.a.s de la ciudad de cucuta, norte de santander*. Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta . Obtenido de <http://alejandria.ufps.edu.co/descargas/tesis/1121117.pdf>
- Moreira, R. (2021). *Propuesta de control estadístico de calidad y análisis de la variabilidad del proceso de extrusión mediante six sigma y la metodología dmaic en la empresa americana de plásticos s.a. plastizoc*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Recuperado el 3 de 1 de 2022, de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/52605>
- Orlys, O. (2021). *Propuesta de mejora para la reducción de scrap en la producción de sacos de polipropileno mediante la aplicación del modelo DMAIC*. Universidad Politécnica Salesiana,

Guayaquil. Recuperado el 6 de 1 de 2022, de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20501>

Rios, P. (2021). *Análisis de la calidad en la producción de tablas empresa Industrial Maderera San Juan s.a.c, mediante el diagrama de Pareto*. Universidad Nacional De La Amazonía Peruana, Iquitos. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12737/7430>

Romo, G., Tarango, J., & Machin-Mastromatteo, J. (2018). La voz del usuario en la planeación estratégica de bibliotecas públicas usando el Despliegue de la Función de la Calidad (QFD). *Revista Bibliotecas*, 36(2), 1-29. doi:<https://doi.org/10.15359/rb.36-2.3>

Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing. Paso a paso*. Barcelona: Marge Books.

Vacacela, I. (2021). *Aplicación de herramientas de manufactura esbelta para reducir el nivel de desperdicios en el área de extrusión de una fábrica procesadora de empaques plásticos flexibles*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/52299>

Zapata, J. (2022). *Reducción de desperdicio en la fabricación de empaques plásticos flexibles*. Instituto Tecnológico Metropolitano, Sabaneta. Obtenido de <https://repositorio.itm.edu.co/handle/20.500.12622/5678>

