



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN PARA EL INCREMENTO DE LA  
PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE REPROCESADOS MEDIANTE LA REDUCCIÓN DE  
PÉRDIDAS APLICANDO LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO EN UNA  
PLANTA PRODUCTORA DE PLÁSTICOS PARA LA AGROINDUSTRIA  
UBICADA EN VILLA NUEVA, GUATEMALA**

**Fabricio Xavier Vega Chang**

Asesorada por M. Sc. Inga. Anny Antonia Morales Mendoza

Guatemala, septiembre de 2022



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN PARA EL INCREMENTO DE LA  
PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE REPROCESADOS MEDIANTE LA REDUCCIÓN DE  
PÉRDIDAS APLICANDO LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO EN UNA  
PLANTA PRODUCTORA DE PLÁSTICOS PARA LA AGROINDUSTRIA  
UBICADA EN VILLA NUEVA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**FABRICIO XAVIER VEGA CHANG**

ASESORADA POR MSC. INGA. ANNY ANTONIA MORALES MENDOZA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2022



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADORA	Inga. Lidia Valentina Jácome Cucú
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADORA	Inga. María Martha Wolford Estrada
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN PARA EL INCREMENTO DE LA  
PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE REPROCESADOS MEDIANTE LA REDUCCIÓN DE  
PÉRDIDAS APLICANDO LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO EN UNA  
PLANTA PRODUCTORA DE PLÁSTICOS PARA LA AGROINDUSTRIA  
UBICADA EN VILLA NUEVA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado, con fecha 14 de enero de 2022.

**Fabricio Xavier Vega Chang**



EEPFI-PP-0372-2022

Guatemala, 14 de enero de 2022

Director  
César Ernesto Urquizú Rodas  
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial  
Presente.

Estimado Ing. Urquizú

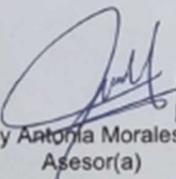
Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE UN PLAN PARA EL INCREMENTO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE REPROCESADOS EN UNA PLANTA UBICADA EN VILLA NUEVA GUATEMALA MEDIANTE LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS APLICANDO LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Área de Operaciones - Optimización de operaciones y procesos**, presentado por el estudiante **Fabrizio Xavier Vega Chang** carné número **201403985**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Gestión Industrial.

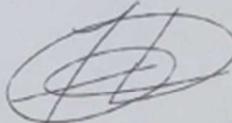
Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

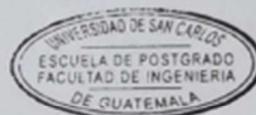
Atentamente,

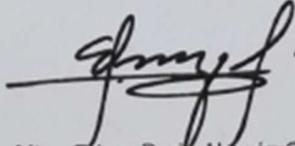
*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Mtro. Anny Antonia Morales Mendoza  
Asesor(a)

Anny Antonia Morales Mendoza  
Ingeniera Industrial  
Colegiado No. 19,690

  
Mtro. Carlos Humberto Aroche Sandoval  
Coordinador(a) de Maestría



  
Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

EEP-EIMI-0372-2022

El Director de la Escuela Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE UN PLAN PARA EL INCREMENTO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE REPROCESADOS EN UNA PLANTA UBICADA EN VILLA NUEVA GUATEMALA MEDIANTE LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS APLICANDO LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO**, presentado por el estudiante universitario Fabricio Xavier Vega Chang, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

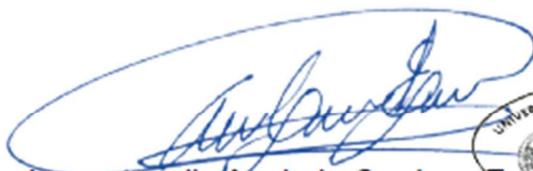
ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
Director  
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, enero de 2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PLAN PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE REPROCESADOS MEDIANTE LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS APLICANDO LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE PLÁSTICOS PARA LA AGROINDUSTRIA UBICADA EN VILLA NUEVA, GUATEMALA**, presentado por: **Fabricio Xavier Vega Chang**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, septiembre de 2022

AACE/gaoc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por el acompañamiento espiritual durante toda la carrera y permitirme seguir el camino correcto.
<b>Mi madre</b>	Mayra Chang Polanco, por su amor, esfuerzo, apoyo y ejemplo de trabajo duro y honrado.
<b>Mi padre</b>	Mario Raúl Vega, por su apoyo incondicional, comprensión y paciencia en los momentos difíciles.
<b>Mis hermanos</b>	Pablo, Fátima y Daniela Vega, por ser ejemplos de vida y por su apoyo.
<b>Mi novia</b>	Laura Méndez Quevedo, por su amor incondicional y apoyo en los momentos más difíciles.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San Carlos de Guatemala** Por concederme el privilegio de obtener mi formación académica.

**Facultad de Ingeniería** Por su invaluable aporte a mi formación académica.

**MSc. Inga. Anny Morales Mendoza** Por su apoyo en todo momento, constate motivación y enseñanzas durante todo el proceso.

**Mis compañeros** Por su apoyo, enseñanzas, momentos divertidos e ideas para la elaboración del trabajo de graduación durante los años de estudio.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
3.1. Descripción del problema .....	13
3.2. Formulación del problema .....	14
3.3. Delimitación de estudio.....	15
3.4. Viabilidad de la investigación .....	15
3.5. Consecuencias de realizar la investigación .....	16
3.5.1. De realizarse.....	16
3.5.2. De no realizarse.....	17
4. JUSTIFICACIÓN .....	19
5. OBJETIVOS .....	21
5.1. General .....	21
5.2. Específicos .....	21

6.	NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN .....	23
6.1.	Etapas de la investigación .....	23
6.1.1.	Fase 1: revisión documental .....	23
6.1.2.	Fase 2: diagnóstico .....	24
6.1.3.	Fase 3: identificación de pérdidas .....	24
6.1.4.	Fase 4: definición de kpis de medición de avance .....	24
6.2.	Esquema de solución .....	24
7.	MARCO TEÓRICO .....	27
7.1.	Capitulo 1: industria de plástico .....	27
7.1.1.	Tipos de plástico .....	28
7.1.1.1.	Polietileno (PE).....	28
7.1.1.2.	Polipropileno (PP) .....	28
7.1.2.	Procesos de la industria de plástico .....	28
7.1.2.1.	Extrusión de plástico .....	29
7.1.2.2.	Conversión de plástico .....	32
7.1.2.3.	Reprocesado/Reciclado de plástico .....	33
7.2.	Capitulo 2: productividad.....	34
7.2.1.	Tipos de productividad .....	34
7.2.1.1.	Productividad Parcial y Productividad Total .....	34
7.2.1.2.	Productividad física y productividad valorizada.....	35
7.2.1.3.	Productividad promedio y productividad marginal .....	35
7.2.1.4.	Productividad bruta y productividad neta .....	36
7.2.2.	Cómo aumentar la productividad.....	36

7.3.	Capitulo 3: <i>lean manufacturing</i> .....	37
7.3.1.	Los grandes desperdicios y sus generadores.....	39
7.3.1.1.	Muda de sobreproducción .....	39
7.3.1.2.	Muda de sobre inventario .....	40
7.3.1.3.	Muda de productos defectuosos.....	40
7.3.1.4.	Muda de transporte de materiales y herramientas.....	40
7.3.1.5.	Muda de procesos innecesarios .....	41
7.3.1.6.	Muda de espera.....	41
7.3.1.7.	Muda de movimientos innecesarios del trabajador.....	41
7.3.2.	Herramientas de la metodología de <i>lean manufacturing</i> .....	42
7.3.2.1.	5'S .....	42
7.3.2.2.	TPM (Mantenimiento Productivo Total)	43
7.4.	Capitulo 4 mantenimiento autónomo .....	44
7.4.1.	Paso 0: preparación.....	45
7.4.1.1.	Mapa de pérdidas .....	46
7.4.1.2.	Mapa de seguridad .....	46
7.4.1.3.	Matriz de riesgos .....	46
7.4.2.	Paso 1: limpiar para inspeccionar.....	47
7.4.2.1.	Tipos de defectos .....	48
7.4.3.	Paso 2: arreglar las fuentes de los problemas.....	48
7.4.4.	Paso 3: estándares tentativos de limpieza, inspección, ajuste y lubricación .....	49
8.	PROPUESTA DEL INDICE DE CONTENIDO.....	53

9.	METODOLOGÍA .....	57
9.1.	Diseño .....	57
9.2.	Enfoque.....	57
9.3.	Tipo .....	58
9.4.	Alcance .....	58
9.5.	Variables e Indicadores.....	58
9.6.	Variables e indicadores.....	59
9.7.	Fases de la investigación .....	61
9.7.1.	Fase 1: revisión documental.....	61
9.7.2.	Fase 2: diagnóstico .....	62
9.7.3.	Fase 3: Identificación de pérdidas.....	63
9.7.4.	Fase 4: definición de KPIS de medición de avance .....	64
9.8.	Población y muestra.....	64
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN .....	67
11.	CRONOGRAMA .....	69
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	71
12.1.	Recursos.....	71
12.1.1.	Recursos humanos .....	71
12.1.2.	Recursos físicos .....	71
12.1.3.	Recursos financieros.....	72
13.	REFERENCIAS .....	73
14.	APÉNDICES .....	77

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Fases de la Investigación .....	25
2.	Esquema básico de una extrusora .....	30
3.	Extrusora de polietileno .....	31
4.	Extrusora de polipropileno .....	31
5.	Convertidora de PE .....	32
6.	Convertidora de PP .....	33
7.	Comportamiento del tiempo de ejecución durante la implementación de MA .....	50
8.	Cronograma de actividades.....	69

### TABLAS

I.	Operacionalización de variables .....	60
II.	Resumen de cálculo de la muestra .....	65
III.	Desglose de gastos proyectados .....	72



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
\$	dólar
kg/h	Kilogramo sobre hora
%	Porcentaje
Q	Quetzales



## GLOSARIO

<b>5's</b>	El método de las 5's es un concepto que aplicado continuamente a la gestión y administración del puesto de trabajo conduce a un proceso de mejora continua, consiguiendo mejorar la productividad, competitividad y calidad en las empresas.
<b>BPM</b>	Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) son un conjunto de principios básicos cuyo objetivo es garantizar que los productos se fabriquen en condiciones sanitarias adecuadas y se disminuyan los riesgos inherentes en la producción y distribución.
<b>Convertidoras de PP</b>	Convertidora confeccionadora para rollos de sogas o pita.
<b>TPM</b>	El Mantenimiento Productivo Total, también conocido como TPM, por sus siglas en inglés ( <i>Total Productive Maintenance</i> ). El mantenimiento preventivo consiste en actividades de revisión parcial de forma planificada, en las cuales se ejecutan cambios, sustituciones, lubricaciones, entre otras actividades; antes de que se materialicen las fallas.



## **RESUMEN**

En el presente trabajo se describe el proceso esperado para la aplicación de la metodología de mantenimiento autónomo inicial en el departamento de reprocesado en una industria de plásticos agroindustriales, se presenta las bases de estudios anteriores y toda la teoría que fundamenta el diseño.

El objetivo general del estudio es diseñar un plan para la mejora de la productividad del área de reprocesados mediante la estandarización de proceso, eso a raíz del problema identificado en el área. Dicho problema es la inexistencia de procedimientos y métodos estandarizados lo cual genera que se den muchas pérdidas durante el proceso productivo.

Con la aplicación de la metodología de mantenimiento autónomo se espera poder identificar cuáles son las principales pérdidas, causas que las generan y encaminar a la administración a encontrar soluciones y atacar el problema de raíz con el fin de mejorar la productividad.

En conclusión, en el presente trabajo se expone la metodología propuesta para la aplicación en las áreas de trabajo buscando mejorar significativamente los indicadores de desempeño.



## 1. INTRODUCCIÓN

Todo proceso productivo tiende a tener muchas pérdidas derivadas de diversas causas que generan inconvenientes en el desarrollo de la producción. Para hacer frente a estas pérdidas existe una gran variedad de herramientas enfocadas en la mejora de procesos tales como *six sigma*, *lean manufacturing*, ciclo PDCA, calidad total, SMED, TPM, entre otros. El objetivo del presente informe escrito es documentar el proceso de investigación realizado para la sistematización de un plan para la implementación de las diversas herramientas que permiten mejorar un proceso productivo, en el caso puntual la implementación de la herramienta de mantenimiento autónomo en el área de reprocesados en una industria productora de plásticos ubicada en el departamento de Guatemala.

La importancia de la investigación radica en el diseño de un plan para la eficiente reducción de paros no planeados y de pérdidas en general de los equipos de reprocesados mediante la implementación de la metodología de mantenimiento autónomo como una herramienta para estandarizar los procesos del área y para la integración del área operativa y el área administrativa buscando obtener beneficios para la organización como la reducción de costos y la mejora de la productividad de la planta en general.

El desarrollo de la investigación es factible debido a que se tiene acceso a toda la información y además la implementación de la metodología de TPM está alineada con la estrategia de la corporación la cual busca de forma general liderar el mercado mediante la innovación y la reducción de costos de operación.

La necesidad de la reducción de paros y pérdidas en el área de reprocesados surge luego de una serie de reclamos internos por retrasos en la entrega de material reciclado y por material que generó mala calidad en los procesos de extrusión de las demás áreas de la planta.

El problema se ha incrementado debido a la adición de personal nuevo al área sin un proceso adecuado de capacitación, también se dio un incremento en la demanda de material reciclado que genera mayor exigencia hacia el personal ya capacitado. La falta de experiencia de los nuevos y el aumento de la carga de trabajo del personal habitual han generado más fallos en las líneas de reprocesado.

Los fallos en las líneas repercuten en todos los demás procesos de producción desde atrasos por falta de materia prima, generación de desperdicio, incremento del costo de fabricación hasta problemas por impactar negativamente a las variables de calidad como el aspecto, concentraciones ingredientes, propiedades físicas y mecánicas, entre otras.

La investigación aportará información importante para demostrar cómo mediante la implementación de mantenimiento autónomo se puede incrementar la eficiencia de un área al reducir pérdidas. El presente se desarrollará entre el mes de junio del año 2020 y noviembre del año 2021 presentando una secuencia estructurada que permita entender el problema, el impacto y la solución que se plantea mediante la lectura.

Este trabajo final de investigación se conformará por cuatro capítulos. El capítulo uno es el marco teórico, en este se detallan conceptos básicos de la industria del plástico en general, información relevante del proceso de reciclado o reprocesado, conceptos de *lean manufacturing* como base para la mejora de

procesos y el tema de TPM, definiciones, implementación y resultados esperados del mismo.

El capítulo dos se expone el desarrollo de la investigación. Se parte desde el diagnóstico de la situación actual, se describe brevemente la empresa y las áreas involucradas en el proceso en cuestión, se miden variables iniciales, se hace un planteamiento y análisis del problema y se hacen las propuestas para el plan de implementación de la metodología de mantenimiento autónomo.

En el capítulo tres se presentan los resultados del plan de implementación de MA y se plantean los indicadores que se deberán utilizar para medir el avance y cumplimiento de la implementación.

Finalmente, en el capítulo cuatro se expondrá la discusión de los resultados obtenidos luego de la ejecución de la investigación.



## 2. ANTECEDENTES

Los siguientes antecedentes fueron utilizados como consulta para plantear las bases para el trabajo de investigación.

En su trabajo de titulación de la maestría en Gestión Industrial utilizó la herramienta de 5'S como una base sólida previa a la implementación de la metodología de TPM. A través de la implementación logró resolver problemas de seguridad, orden y limpieza, disminución de la cantidad de material rechazado por calidad que apoyan en la mejora general del área de colonias en una empresa de cosmética. La implementación de la herramienta de lean de las 5's se realizó por medio de capacitaciones al personal y constantes auditorías de 5's incluyendo orden, limpieza, pulcritud y disciplina. (Herrera, 2018)

La autora realizó una verificación de las BPM (Buenas Prácticas de Manufactura) a través de una lista para la verificación que ayudó a garantizar un resultado favorable de las auditorías internas y externas. Finalmente utilizó el EGE (Eficiencia global del equipo – del inglés *OEE Overall equipment effectiveness*) para realizar la medición de la mejora, se tomó el valor inicial de 72 % al inicio de la investigación, y el valor final de 100 % para poder hacer la comparación, también se logró la disminución de material rechazado reduciéndolo en un 99 % después de 6 meses de trabajo.

Lo anterior expuesto se detalla a través de un procedimiento de operación estándar, se establece el plan de 5's y el seguimiento a los resultados de EGE, con instrucciones detalladas, responsables de las tareas, horarios para las auditorías, metas fijadas por cada área de operación y de empaque, señales de

alarma y las recompensas en las líneas que alcancen los objetivos. Finalmente se evidencia con la mejora de las líneas de fabricación un cambio del EGE en: línea 1 de 52 a 83 %, línea 2 de 62 a 100 % por medio de la ejecución de la metodología de 5's como pilar del TPM.

Este documento de referencia ha sido un aporte significativo para armar la estructura del presente trabajo ya que aporta ideas básicas para el inicio de la ejecución del enfoque de TPM, también se resalta la importancia de las 5's como un pilar fundamental para desarrollar el trabajo de investigación.

En cuato, Valdez (2017) Relata en su trabajo de graduación para la Maestría de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional del Centro de Perú, habla sobre la implementación de la metodología de mantenimiento autónomo para que los operarios tengan las habilidades y herramientas que les faciliten reportar adecuadamente las fallas en los equipos y puedan acrecentar la disponibilidad de estos. En el texto se detalla los 7 pasos a seguir para implementar el MA (Mantenimiento autónomo) así como los propósitos de cada uno de los pasos. La implementación del enfoque permitió aumentar la disponibilidad de las máquinas y equipos en planta de un 70 a un 85 %, mejoró las capacidades y conocimientos para operar de la gente del piso y se incrementó las toneladas de producción con la misma cantidad de personal (*headcount*).

Se logró mejorar la operación y el cuidado de los equipos *Trackless*, trasladando los niveles baja y regular a niveles bueno y excelente respectivamente. La mejora a la producción fue de 281,112.87 toneladas, antes de la implementación se mantuvo por debajo manteniendo la misma cantidad de personal. Finalmente, el autor determinó que el trabajo en equipo genera consecuencias positivas para el correcto funcionamiento de la empresa y para la

mejora de la producción cuando los trabajadores se comprometen con los objetivos y muestras propuestas.

Este trabajo aporta al estudio ya que el foco principal fue la aplicación del pilar de mantenimiento autónomo y no la totalidad del enfoque de TPM, relata la importancia de cada paso del MA y el desarrollo que debe tener con el personal en el área operativo. La misma metodología aplicada en la industria minera puede ser aplicada a la industria de plástico, en este caso la del reciclaje de polietileno y polipropileno.

En la investigación de estandarización de procesos se realizaron una serie de actividades para poder establecer el punto de partida. Se destaca la identificación de los recursos físicos que es la distribución de las salas de ventas y los porcentajes de manejo de mercado, identificación de tipos de referencia de fabricación de colchones contando con 85 referencias de diferentes materiales y medias, estudio de distribución de planta actual, toma de tiempos de las labores de fabricación y estudio del proceso productivo donde se describe detalladamente el proceso de fabricación de los productos que manejan. La propuesta de solución se planteó a través de la preparación de manuales de operación, para la preparación de estos se siguió el siguiente proceso: toma de datos a operarios, observación del proceso y toma de datos y anotaciones, mapeado del proceso y análisis de tiempos y movimientos. (Gómez, Saldaña, Quintero, 2020, p. 43)

Los procedimientos elaborados contaban con la estructura establecida de objetivos, alcance, responsable y desarrollo del objeto. Debido a la alta diversidad de referencias (85 opciones) se tomó el historial de los últimos 6 meses de ventas para priorizar las opciones con mayor movimiento. La estandarización de procesos por medio de manuales tuvo como resultados: se mejoró la distribución

de la planta, reducción de tiempos ociosos en un 35.7 % y se estandarizó las mesas de trabajo para poder trabajar con todas las referencias.

Este documento de consulta ha sido importante para la estructuración de la investigación ya que plantea un modelo de análisis inicial a los procesos para establecer un punto de inicio en la estandarización de procesos, se basa en la observación, toma de datos y estudios de tiempos y movimientos para atacar puntos críticos en los procesos.

El trabajo de investigación de implementación del Modelo TPM para la mejora de procesos productivos en la industria nicaragüense abordará sobre la herramienta de trabajo TPM, sobre cómo “puede ayudar a las industrias nicaragüenses a mejorar en el incremento de la eficiencia de las líneas de producción y al mismo tiempo en la reducción de sus costos. (Chamorro, y Lagos, 2018 pág. 3)

El trabajo inicia con la importancia del involucramiento del talento humano con la filosofía de TPM. A través de esta metodología se busca maximizar la productividad de los sistemas de producción de las empresas mediante la reducción de pérdidas contando con la total colaboración de los empleados. El desarrollo de la investigación llevó a los autores a diferentes conclusiones importantes.

El TPM debe ser parte de la cultura organizacional, cuyo objetivo principal es la reducción y eliminación de pérdidas en la industria que sea aplicada, busca la reducción de costos y el aumento de la vida útil de los equipos, reducción de costos de mantenimiento, así como aumentar la productividad del proceso (fabricación de más piezas con la misma mano de obra, bajar el precio, mejorar la calidad, mejorar tiempos de entrega, entre otros) para su correcta ejecución

debe existir participación activa de todo el personal, desde los altos mandos administrativos hasta el último puesto según el organigrama de la organización. Es muy importante para el éxito de la ejecución que la alta dirección esté comprometida con la filosofía de TPM a largo plazo, se debe preparar previamente al personal para asegurar un momento preciso para la puesta en marcha, se debe implementar 5's previamente para tener una base sólida, se debe contar con un equipo multidisciplinario que apoye todo el proceso y tener siempre presente que el éxito dependerá del nivel de compromiso e involucramiento del personal.

El trabajo tiene un aporte vital en la investigación en cuanto a las consideraciones para tener éxito en la ejecución del TPM mediante la generación de una cultura organizacional, constante capacitación y participación de todo el personal de la empresa incluyendo directivos y personal operativo. Hace hincapié principalmente en que tener una estrategia definida, o sea, un plan a largo plazo permitirá establecer planes en el tiempo adecuado y con los resultados óptimos.

En la investigación Propuesta de Estandarización de Procesos del Instituto Nacional Politécnico de la Ciudad de México aborda la problemática de los riesgos y debilidades que ocurren al no contar con procesos debidamente estandarizados en una industria dedicada a la impresión de diseños. La falta de estandarización puede generar que “en ocasiones se encuentren productos en el mercado con artes discontinuados, con logotipos violados y en ocasiones con errores de diseño que finalmente dañan a la marca de la compañía” (Palapa, 2012, p. 17). Esto puede generar deficiencias en la operación e incremento de costos debido a errores, demandas y demás.

El problema principal en la investigación fue la elaboración de una etiqueta que cumpliera con los requisitos del país de origen México, pero no con los del país

destino USA, esto genero más problemas como invertir esfuerzos en la logística para traer de vuelta el lote malo enviado, retrabajo para producir la etiqueta corregida, negociar con los clientes para aumentar plazos de entrega, entre otros.

Para la solución de la problemática se realizó un diagnóstico donde se identificaron varias oportunidades de mejora como lo son: falta de centralización en la negociación con Proveedores de material de diseño gráfico y diseño industrial, comunicación deficiente con el departamento de compras, demasiada libertad de las marcas para solicitar servicios, falta de supervisión en la entrega de pedidos, deficiente calidad en los productos promocionales, descontento del área de compras, estructuras deficientes e infladas en la supervisión de las marcas de la empresa y “falta de formalidad en las actividades y responsabilidades entre las áreas directamente involucradas en al imagen de los productos de la compañía” (Palapa, 2012, p. 21).

En su investigación Josefina busca atacar las oportunidades de mejora mediante la estandarización de procesos lo cual logra a través de un enfoque sistémico donde los procedimientos de diferentes áreas de la compañía son alineados y homologados buscando sinergia entre los mismos. El primer paso es identificar los procesos clave en la operación, el segundo paso consiste en establecer estándares a los cuales se deben adecuar los procesos alineados con marcos de referencia como MoProSoft e ISO 9001:2008.

El primer marco se utiliza para alinear procesos a nivel nacional y el segundo para alinearlos a nivel internacional. La estandarización generará que de manera coordinada:

Los procesos y esfuerzos se diseñen en forma común, es decir todos los departamentos de la empresa cuenta con otras localidades o centros de

trabajo entenderán y verán los mismo, este lenguaje único permitirá mejorar la comunicación dará soporte todo el tiempo a la toma de decisiones. (Palapa, 2012 p. 122)

El trabajo descrito anteriormente aporta a la investigación ya que presenta un ejemplo claro de como exportar a un país como Estados Unidos, donde existe un nivel de tecnificación y legislación más exigente que en países latinoamericanos, sin tener procedimientos bien definidos y estandarizados puede llevarnos a problemas de todo tipo, desde problemas con pérdidas de clientes hasta regulatorios. En forma paralela presenta ejemplos de organizaciones internacionales como la ISO para usar como base para la estandarización.



### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La inexistencia de procedimiento, herramientas y métodos en el área de reprocesados genera atrasos en la entrega de material reciclado a las extrusoras de polietileno y polipropileno dentro de la planta generado un impacto negativo en la productividad y los costos de las líneas de extrusión.

#### **3.1. Descripción del problema**

La planta industrial ubicada en Villa Nueva se dedica a la plasticultura y forma parte de una corporación con sede en Canadá que cuenta con diferentes divisiones como la de medios digitales, impresión y empaques. Guatemala está en la división de empaques y se centra en la fabricación de plásticos para uso en la agroindustria. La planta de Guatemala pertenece a la división de empaque, cuanto varios centros de distribución en Guatemala y Centro América, y una alta gama de productos.

La totalidad del catálogo de productos se basa en el uso de materias primas como el polietileno y el polipropileno. Estos dos materiales termoplásticos son fáciles de reciclar/reprocesar por lo que dentro de la compañía se cuenta con un área destinada a tomar todo el desperdicio generado en la operación, reprocesarlo y generar materias primas que permitan reducir el costo de fabricación de los demás productos. Cuando no se cuenta con material reprocesado se tiene un incremento en el costo de operación.

El área de reprocesados ha estado presentando diversos problemas que no permiten mantener un flujo constante de material, adicional a problemas de

calidad que generan más desperdicio y retrasos en la entrega en el proceso donde se utiliza el material. Estos problemas se presentan por la falta de procedimientos en el área, implementación de metodologías como las 5'S y otras herramientas que permiten estandarizar los procesos y mejorarlos.

### **3.2. Formulación del problema**

Para la elaboración del diseño se analizó la situación actual de la empresa y luego se procedió a una lluvia de ideas de las cuales surgieron varias preguntas y estas fueron las más acertadas:

- Pregunta central

¿Cuál es el mejor plan para la estandarización de procesos para el área de reprocesados en una industria de plásticos que afectará positivamente la productividad y la reducción de costos?

- Preguntas de investigación
  - ¿Cuál es la capacidad productiva del área de reprocesados al inicio de la investigación?
  - ¿Cuáles son las principales fallas o pérdidas que se dan en el área de reprocesados y generan atrasos en la producción?
  - ¿Cómo se medirá la mejora en la productividad del área de reprocesados al realizar una estandarización de procesos?

### **3.3. Delimitación de estudio**

- Límite temporal

El estudio se desarrolla durante los meses durante los que se desarrollen los cursos de seminario de la maestría en gestión industrial de la universidad de San Carlos de Guatemala, de julio del año 2021 y noviembre del año 2022.

- Límite geográfico

El estudio se desarrollará en el municipio de Villa Nueva del departamento de Guatemala.

- Límite espacial

La investigación será ejecutada en el área de reprocesados que consta del área de operación y área de separación de desperdicio dentro de una planta dedicada a la fabricación de plásticos de uso agroindustrial.

- Límite institucional

La empresa donde se desarrollará el trabajo de investigación es una planta industrial que se dedica a la formulación y fabricación de plásticos a base de polietileno y polipropileno extruidos para uso en la agroindustria.

### **3.4. Viabilidad de la investigación**

Se identificó el problema del área de reprocesados y se tomará en consideración la solicitud de la compañía de resolverlo por medio del análisis del

área y diseño de un plan para la implementación de mantenimiento autónomo para el cual se tomará en cuenta los siguientes recursos:

- Datos históricos de producción, entrega, problemas de seguridad, calidad, tiempos muertos y demás.
- 
- Análisis de procesos existentes
- 
- Recursos de tiempo y dinero

Se cuenta con la autorización de la empresa para acceder a las áreas de trabajo, y consultar bases de datos con la información necesaria. El investigador aportará los recursos de tiempo y monetarios para garantizar la viabilidad de la investigación.

### **3.5. Consecuencias de realizar la investigación**

La elaboración o no del estudio tiene sus efectos y estos se detallan a continuación:

#### **3.5.1. De realizarse**

Se prevé que se mejore la productividad del área de reprocesados; también que la calidad del producto mejore y por lo tanto se reduzcan los reclamos de clientes internos, ya que el material producido en esta área se utiliza como materia prima, esto producto de la reducción de las pérdidas actuales del área.

Esta investigación puede ser un precedente para la implementación de la metodología de mantenimiento autónomo en el resto de la planta, el impacto puede ser aún mayor al extrapolarlo a las demás áreas, se tendrá reducción de costos de materia prima y se mejorará la entrega.

### **3.5.2. De no realizarse**

De no realizarse se seguirá teniendo pérdidas en el área de reprocesados lo cual generará atrasos en las entregas, mala calidad del producto que a su vez generará problemas operativos en las líneas de extrusión, se mantendrá el incremento de costos por reclamos internos y atrasos.



## 4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación se realizará bajo la línea de investigación de optimización de operaciones y procesos del área de operaciones. La intención de este proceso es presentar una propuesta de mejora con enfoque a la productividad en una de las áreas de una planta productora de plásticos para la agroindustria, a través del pilar de mantenimiento autónomo de la metodología de TPM (*Total Productive Maintenance*).

La necesidad principal de efectuar la investigación es corregir la ineficiencia del área de reprocesados la cual se ha visto afectada por fallos recurrentes en las líneas de producción. El proceso reprocesado es de suma importancia para la empresa debido a que permite reprocesar el desperdicio generado en las líneas de extrusión tanto de polietileno como de polipropileno, estos materiales pueden utilizarse nuevamente en las líneas de producción lo que permite utilizar menos materia prima virgen y reducir el costo del producto final.

La importancia de esta investigación recae en generar un plan de estandarización de procesos que permita determinar las causas principales que generan pérdidas en las líneas de producción y proponer herramientas o metodologías contempladas en *lean manufacturing* y TPM para una posible solución. Considerando la importancia del departamento dentro de la cadena de valor de la empresa el plan debe ser robusto y flexible para adaptarse a los constantes cambios que se generan de acuerdo con las necesidades del mercado.

La motivación del trabajo de investigación tiene origen en el área de producción de reprocesados. Esta área de trabajo se ha dejado de lado en los procesos de estandarización y mejora que se han aplicado en el resto de la planta. El área tiene muchas necesidades y fue hasta el período de la pandemia del COVID-19 donde hubo una fuerte caída en la disponibilidad de materias primas derivadas del petróleo que resaltó la importancia del material reprocesado internamente. Estos factores motivan a generar un proceso de mejora interna con fundamentos teóricos y prácticos productos de la investigación a realizarse.

Los beneficios esperados, en el caso se implemente la presente propuesta son varios. Entre ellos se destaca la mejora a la productividad, la disponibilidad de los equipos para reprocesar, reducción de costo de fabricación, reducción de compra de repuestos por averías, desarrollo de personal y bienestar de este. También se debe tomar en cuenta que el área puede llegar a mejorar significativamente en la idea o visualización que se tiene por parte de la empresa, ya que actualmente solo se ve como el área que consume el desperdicio aun cuando tiene un aporte significativo en la entrega final de los productos.

El primer beneficiario será el área de reprocesados debido a la mejora que se prevé en cuanto a la estandarización de procesos, el personal del área estará más capacitado y su trabajo será más fácil de ejecutar. El segundo beneficiario serán las demás áreas de la planta ya que tendrán mayor disponibilidad de materia prima reciclada y esto permitirá bajar costos de producción. El tercer y último beneficiario será toda la empresa ya que los departamentos tendrán mejoras colaterales como mantenimiento, ventas, compras, entre otros tendrán reducción en tiempos de avería, más opciones para negociar precios y reducir tiempo dedicado a la compra de materiales respectivamente.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Diseñar un plan para la mejora de la productividad del área de reprocesados mediante la estandarización de procesos.

### **5.2. Específicos**

- Determinar la capacidad productiva del área mediante el análisis de la capacidad instalada y el historial de producción.
- Identificar las principales pérdidas del área de reprocesados mediante la metodología de análisis de causa raíz.
- Establecer los KPI para medir la productividad del área de reprocesados a partir de la estandarización de procesos.



## **6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN**

La necesidad principal para cubrir en la empresa a través del trabajo de investigación es reducir las pérdidas de las líneas de reprocesado de materiales a través del diseño de un plan para la correcta implementación de la metodología de mantenimiento autónomo.

El esquema de solución se desarrollará de la siguiente manera: se realizará el diagnóstico de la situación inicial del área de trabajo respecto a las pérdidas incurridas en el área de reprocesados. Para esto se debe hacer una serie de observaciones directas a los procesos, desde la programación hasta el consumo del producto final como materia prima, se realizarán encuestas y consultas y se documentarán los resultados y la información recolectada para posteriormente ser utilizada en la investigación.

### **6.1. Etapas de la investigación**

Para el buen desarrollo de este tema abordado se consideró necesario que la investigación se desarrollará en 4 fases, las cuales se presentan a continuación.

#### **6.1.1. Fase 1: revisión documental**

Durante los primeros 60 días (2 meses) se realizará visitas al área de reprocesados donde llevarán a cabo una serie de encuestas, consultas y observaciones directas. La información recolectada será constatada y reforzada

con fuentes bibliográficas para asegurar que la información sea la adecuada, pueda soportar la investigación y establecer los puntos de partida.

#### **6.1.2. Fase 2: diagnóstico**

Se llevará a cabo la toma de datos del área (de acuerdo con las variables definidas para el mantenimiento autónomo) durante 30 días, en los siguientes 15 días el investigador será parte del proceso para realizar el levantado de experiencias.

#### **6.1.3. Fase 3: identificación de pérdidas**

Se dispondrá de 60 días para analizar la información recolectada y preparar la propuesta para el plan de implementación.

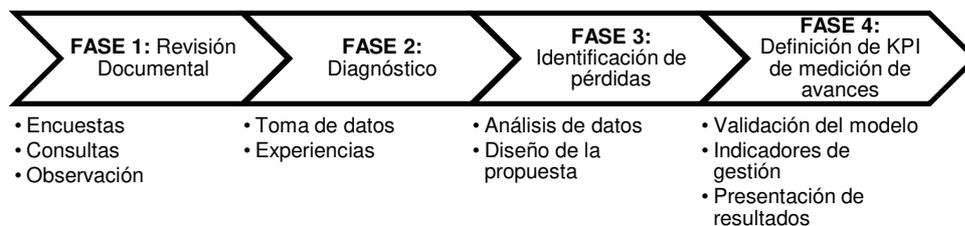
#### **6.1.4. Fase 4: definición de KPI de medición de avance**

Se establecerá las medidas de desempeño para medir el avance de implementación de la metodología de mantenimiento autónomo.

### **6.2. Esquema de solución**

En la figura 1 se presentan las fases que se explicaron con anterioridad, pero de una manera sintetizada para el entendimiento del lector.

Figura 1. Fases de la Investigación



Fuente: elaboración propia, realizado en Microsoft Word.



## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1. Capítulo 1: industria de plástico**

La industria del plástico se refiere a todos aquellos productos que están fabricados a base de diversos polímeros. Estos tienen muchas aplicaciones como la fabricación de textiles hasta aplicaciones para las construcciones y tecnología.

El término plástico significa que puede ser moldeado por el calor, esto indica que al aplicar calor se puede cambiar las propiedades del material. Estos materiales también son llamados polímeros ya que están formados de cadenas de materiales orgánicos con diversas estructuras dependiendo del tipo de material. (Góngora, 2014, p. 1)

En Guatemala existe la comisión de plásticos coordinada por Agexport, en ella se indica que la industria del plástico en Guatemala “es la industria de exportación indirecta más importante del país, abasteciendo de envases y empaques a otras industrias agrícolas, construcción, alimenticia, farmacéutica, cosmética, acuícola entre otras” (Agexport, s.f., párr. 2).

Esto nos indica que en el país la industria del plástico está bien posicionada, según las estadísticas brindadas por Agexport esta impacta con 25 mil empleos directos, 100 mil empleos indirectos, y más de 300 millones de USD\$ en el año 2018 y en el año 2019.

### **7.1.1. Tipos de plástico**

Existen muchos tipos de plásticos en la actualidad, en el presente trabajo nos enfocaremos en el polietileno y el polipropileno, desde la extrusión del material hasta el proceso de reciclado del mismo.

#### **7.1.1.1. Polietileno (PE)**

Es un polímero plástico utilizado para la fabricación de varios productos como la película soplada. “Se produce a través del Ácido Tereftálico y el Etilenglicol por policondensación. Existen dos tipos: grado textil y botella. Para el grado botella se lo debe post condensar, existiendo diversos colores para estos usos.” (CAIP, s.f., párr. 7).

#### **7.1.1.2. Polipropileno (PP)**

El polipropileno es un “plástico rígido, de alta cristalinidad y elevado punto de fusión, excelente resistencia química y el de más baja densidad. Al adicionarle distintas cargas (talco, caucho, fibra de vidrio, entre otros) se potencian sus propiedades hasta transformarlo en un polímero de ingeniería” (CAIP, s.f., párr. 8).

### **7.1.2. Procesos de la industria de plástico**

Las propiedades de los plásticos facilitan la procesabilidad de este, a continuación, se detallarán los procesos de extrusión, conversión y reprocesados referentes al área de estudio del trabajo en cuestión.

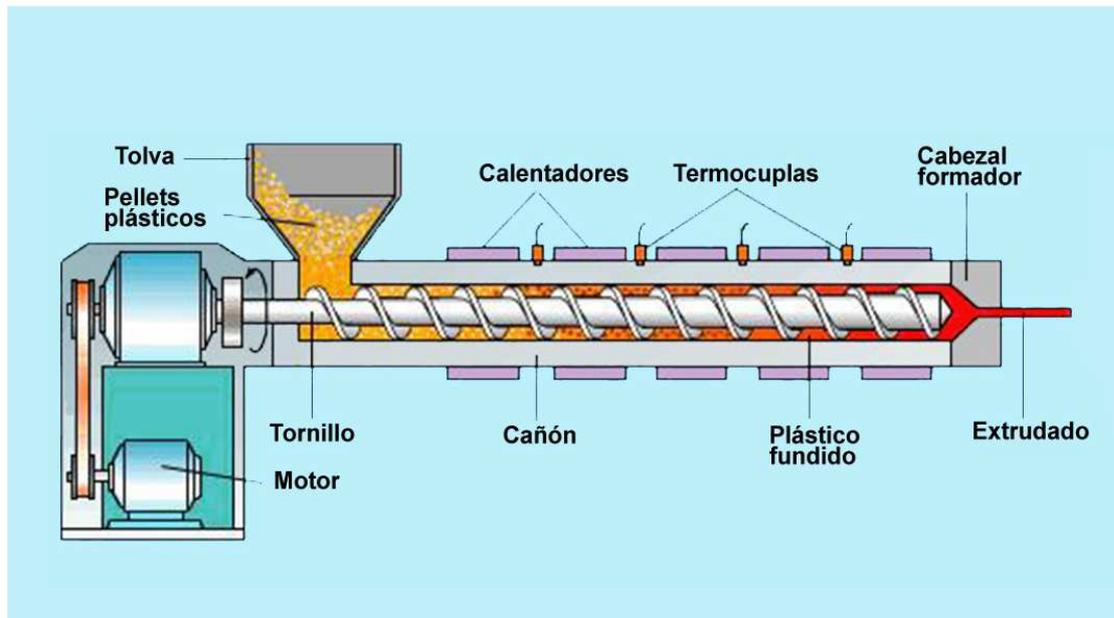
### **7.1.2.1. Extrusión de plástico**

“Un mecanismo de tornillo fuerza el termoplástico caliente a través de un da-do abierto (o boquilla) para producir formas sólidas, películas, laminas, tubos y aún bolsas plásticas. La extrusión puede ser empleada también para recubrir alambres y cables”. (Hermida, 2011, p. 27)

Los procesos de extrusión siguen un mismo principio, independiente del tipo de plástico a trabajar, según el material varían las condiciones de proceso y los equipos auxiliares. Las máquinas de extrusión se componen principalmente de una tolva de alimentación, una extrusora y un dado que es el que le da la forma final al plástico extruido. Después del dado el sistema de estabilización variará para cada tipo de material. El proceso general se resume a continuación:

- Mezclar de las resinas, aditivos, colorantes y demás ingredientes para el material a extruir.
- Alimentar la extrusora a través de la tolva de alimentación
- El material se dosifica a la zona de alimentación de la extrusora
- El material pasa por la zona de compresión
- El material se homogeniza y se dosifica a presión hacia la malla de filtrado
- El material pasa por el cambiador de mallas para finalizar en el dado

Figura 2. Esquema básico de una extrusora



Fuente: Tecnología de los Plásticos. (2011). *Extrusión de materiales plásticos*. Consultado el 18 de mayo de 2022. Recuperado de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>.

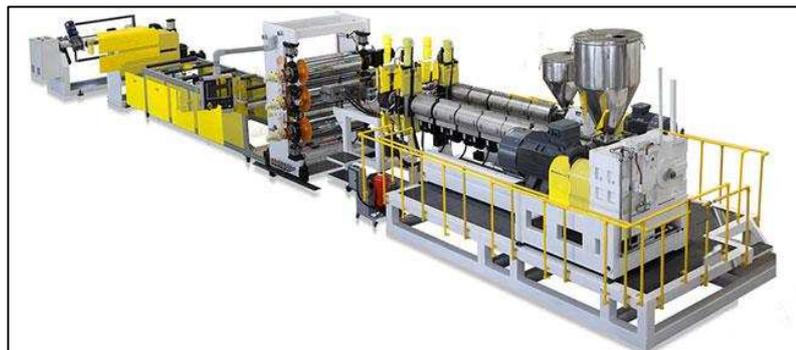
Las extrusoras de polietileno tienen la particularidad de que necesitan torres de enfriamiento lo cual requiere menos espacio superficial pero una gran inversión en infraestructura para construir las naves que albergaran dichas estructuras. Por otro lado, las extrusoras de polipropileno utilizan un sistema de enfriamiento a través de rodillos refrigerados por lo que requieren una mayor extensión de piso para su instalación. De las extrusoras de PE se obtienen láminas o tubos que después pueden ser convertidos en bolsas o rollitos con o sin perforación. De las extrusoras de PP se obtienen bobinas de cinta simple que pueden convertirse en rollitos de cinta torsionada.

Figura 3. **Extrusora de polietileno**



Fuente: ECO-TECH. (s.f.). *Extrusora para Polietileno de alta y baja densidad*. Consultado el 18 de mayo de 2018. Recuperado de <https://www.eco-tech.com.pe/imagenes/pdfproducto/8extrusora-para-polietileno-de-alta-y-baja-densidad.pdf>.

Figura 4. **Extrusora de polipropileno**



Fuente: Chyi Yang. (s.f.). *3-LINE SLITTING & GUSSETING T-SHIRT BAG MAKING MACHINE*. Consultado el 18 de mayo de 2022. Recuperado de <https://www.chyiyang.com/3-line-slitting-gusseting-t-shirt-bag-making-machine>.

### 7.1.2.2. Conversión de plástico

El plástico extruido puede transformarse en diferentes subproductos de acuerdo a los requerimientos de los clientes. Por un lado, el PE se utiliza para fabricar bolsas y rollitos.

Las máquinas de PE se conformadas principalmente por perforadoras o ponchadoras y máquinas selladoras, esto con el fin de hacer *film* con porcentajes de ventilación o para fabricar bolsas.

Figura 5. **Convertidora de PE**



Fuente: PLAS Alliance LTD. (s.f.). *Máquina de fabricación de bolsas con cierre + sistema de bolsas de uva*. Consultado el 18 de mayo de 2022. Recuperado de [https://www.pal-plas.com/es/products\\_i\\_Zipper\\_attachment\\_bag\\_making\\_machine\\_Grape\\_bag\\_system.html](https://www.pal-plas.com/es/products_i_Zipper_attachment_bag_making_machine_Grape_bag_system.html).

Por otro lado, las convertidoras de PP son más sencillas. Están aplican torsión a la cinta para variar sus propiedades y forma pequeños rollos de rendimientos variables.

Figura 6. **Convertidora de PP**



Fuente: Robco Engineering. (s.f.). ROBLON TORNADO 250: Two-for-one heavy-duty twister. Consultado el 18 de mayo de 2022. Recuperado de <https://www.robco-eng.com/twisters/tornado-250/>.

### **7.1.2.3. Reprocesado/Reciclado de plástico**

Los procesos de fabricación tienen a presentar merma. Esta se conoce como desperdicio o *scrap*, en la industria del plástico esta merma puede ser recuperada y aprovechada para ser consumida como materia prima en los procesos de extrusión.

Para que el reprocesado del material sea exitoso debe haber una buena clasificación de materiales, para esto debe designarse un área de clasificación que al mismo tiempo juntará material para armar pacas compactadas que faciliten la estiba. Posteriormente el material será llevado a una máquina peletizadora que es la que recicla el material. Esta peletizadora en principio funciona igual que una extrusora de plástico con la diferencia que en la alimentación no se están

utilizando resinas si no plástico extruido. Esta máquina también cuenta con un triturador o molino que facilita el proceso del material.

El reprocesado tiene beneficios positivos para la organización. Primero ayuda a reducir los desechos plásticos. Segundo reduce los costos de materia prima de los productos, esto a su vez genera mayor rentabilidad para la compañía.

## **7.2. Capítulo 2: productividad**

En términos generales la productividad puede entenderse como la capacidad que posee un sistema para producir.

$$Productividad = \frac{Salida}{Entradas}$$

La ecuación nos indica la relación entre la producción y los recursos utilizados para dicha producción.

### **7.2.1. Tipos de productividad**

La productividad es la manera o la forma en cómo se fabrican los productos y eficacia con la cual el proceso se hace más rápido y de una manera más eficiente.

#### **7.2.1.1. Productividad Parcial y Productividad Total**

“La productividad parcial es donde se relaciona toda la producción de un solo elemento o sistema (salida) con solo uno de los elementos o recursos utilizados (entrada)” (Carro y González, p. 3).

$$Productividad\ Parcial = \frac{Salida\ Total}{Una\ Entrada}$$

“La productividad total involucra, en cambio, a todos los recursos (entradas) utilizado por el sistema; es decir, el cociente entre la salida y el agregado del conjunto de entradas” (Carro y González, p. 3).

$$Productivida\ Total = \frac{Salida\ Total}{Entrada\ Total} =$$

$$\frac{Bienes\ y\ Servicios\ Producidos}{Mano\ de\ obra+Capital+Materias\ primas+otros}$$

### **7.2.1.2. Productividad física y productividad valorizada**

La productividad física se refiere a las unidades establecidas de acuerdo con los recursos, por ejemplo, si nuestra salida son toneladas y nuestra entrada son personas, nuestra productividad física sería toneladas/persona. La productividad valorizada se mide en unidades de dinero. (Carro y González, 2000)

### **7.2.1.3. Productividad promedio y productividad marginal**

La productividad promedio es producto de la comparación entre salidas y entradas, es muy útil para hacer comparaciones entre procesos. La productividad marginal es el grado de variación que existe en la productividad al cambiar uno de los factores de entrada. (Carro y González, 2000)

#### **7.2.1.4. Productividad bruta y productividad neta**

En la productividad bruta se toman en cuenta todos los factores de entrada y salida involucrados en el proceso. En la productividad neta se excluyen algunos factores críticos para obtener el índice de valor agregado. (Carro y González, 2000)

La productividad es un factor clave para todas las empresas, este es un indicador general de cuál es la capacidad que se tiene instalada y cuáles son las proyecciones que podemos hacer a futuro. También sirve para hacer comparativos tanto dentro de la misma empresa como con otras empresas. Actualmente el concepto de productividad se ha ampliado y se consideran más factores como la calidad de los productos.

#### **7.2.2. Cómo aumentar la productividad**

Según Drew (2020) los pasos para poder incrementar la productividad son los siguientes:

- Examina el flujo de trabajo de producción. Identificar puntos débiles, personas, máquinas, procesos. Una herramienta útil son los mapas de proceso o mapas de operaciones.
- Actualiza los procesos. Analizar procesos y reasignar recursos
- Invierte en capacitación y educación de empleados

- Ten expectativas realistas. Evita poner metas muy grandes que pueda frustrar a los empleados.
- Compra máquinas y herramientas más inteligentes (Autónomas)
- Invierte en mantenimiento. Reducir los tiempos muertos de los equipos es un punto clave.
- Mantener organización
- Fomenta la colaboración

Una de las opciones para generar una mejora en la productividad de los sistemas es la implementación de *lean manufacturing* (Manufactura esbelta).

### **7.3. Capítulo 3: *lean manufacturing***

“Se puede definir como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiendo como excesos toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero sí costo y trabajo” (Socconini, 2008, p. 11).

La eliminación de desperdicios se da por medio del trabajo en equipo de personas bien capacitadas.

Para la correcta implementación de Lean se requiere una serie de esfuerzos combinados:

- Tener visión y ejercer liderazgo

- Estar motivados
- Tener conocimientos y desarrollar habilidades
- Generar planes y darle seguimiento
- Establecer tiempos y recursos
- Desarrollar una mentalidad ganadora que nos permita tener una actitud propositiva.

Estos esfuerzos al ser sumados dan como resultado cambios significativos.

La implementación de Lean se da a través de las siguientes fases según Socconini (2008):

- “Fase 0. Tradicional: preparación
- Fase 1. Aplicación: establecer un flujo perpetuo en áreas piloto.
- Fase 2. Administración por cadenas de valor
- Fase 3. Organizaciones Lean: pensamiento esbelto”. (p. 56)

### **7.3.1. Los grandes desperdicios y sus generadores**

Existen tres elementos que juegan en contra de la productividad, estos son:

- Sobrecarga (Muri): la productividad baja cuando se impone una sobrecarga de trabajo, la carga rebasa la capacidad y esto provoca agotamiento.
- Variabilidad (Mura): no hay uniformidad o estandarización en los elementos de entrada de un proceso, esto genera que haya variabilidad en la salidas.
- Desperdicios (Mudas): existen 7 grandes desperdicios que deben ser analizados a detalle ya que el objetivo principal de lean es identificarlos y eliminarlos.

#### **7.3.1.1. Muda de sobreproducción**

Básicamente significa producir más de lo que se ha requerido, producir más rápido de lo que se necesita o manufacturar productos antes de tiempo o antes de ser necesitados. Se da por producir por si acaso, no hay buena comunicación en la organización, se optimiza máquinas de forma individual si tener una visual de todo el sistema, se automatizan procesos que no lo necesitan, insuficiente mantenimiento preventivo, falta de consistencia del programa de producción, entre otros. (Socconini, 2008, p. 30)

### **7.3.1.2. Muda de sobre inventario**

Cualquier material que exceda lo que se necesita para cumplir con lo requerido. Se presenta por las causas: escasa comprensión de la demanda, procesos inadecuados, cuellos de botella fuera de control, capacidad insuficiente de los proveedores, excesiva programación, malas decisiones administrativas, bonos de productividad mal ejecutados. (Socconini, 2008, p. 32)

### **7.3.1.3. Muda de productos defectuosos**

Se refiere a la muda que se incurre cuando se consumen recursos (materia prima, tiempo, mano de obra, tiempo de máquina) para producir productos defectuosos. Puede ser causada por: procesos ineficientes, falta de controles en los procesos, capacitación inadecuada, equipo y herramienta inadecuados, falta de cultura de la calidad, desconocimiento de las causas raíz de los problemas. (Socconini, 2008, p. 33)

### **7.3.1.4. Muda de transporte de materiales y herramientas**

Consiste en todos los transportes de materiales y herramientas que no favorecen al sistema de producción, mover elementos dentro de la nave industrial. Entre las principales causas se encuentran: fabricación de lotes muy grandes, programas de producción inconsistentes y demasiados cambios, falta de programación de producción, distribución de equipos deficiente (instalaciones inadecuadas), exceso de inventario WIP (*Work in progress* o producto en proceso). (Socconini, 2008, p. 34)

#### **7.3.1.5. Muda de procesos innecesarios**

Se tienen procesos que no suman valor al producto final. Algunas de las causas de esta muda puede ser: mal entendimiento de los procesos, se realizan cambios en la metodología de la ingeniería sin efectuar documentación y cambios en el proceso, tecnología nueva mal empleada, toma de decisiones a niveles incorrectos, políticas y procedimientos inadecuados, no se cuenta con un estándar del del proceso de producción donde se defina claramente, ni del flujo real del proceso. (Socconini, 2008, p. 35-36)

#### **7.3.1.6. Muda de espera**

Se refiere al tiempo perdido cuando un operador está esperando que una máquina termine de ejecutar su trabajo. Entre las causas se encuentra: mala programación de la producción, poco control de la producción, desequilibrio de las operaciones, no se cuenta con las máquinas adecuadas, se tiene demasiado personal, falta de un programa de capacitación para los operadores. (Socconini, 2008, p. 37)

#### **7.3.1.7. Muda de movimientos innecesarios del trabajador**

Se refiere al movimiento de personal dentro de la nave industrial sin que este movimiento aporte valor al trabajo. Entre las causas se encuentra distribución incorrecta de la planta, mala distribución del área de trabajo, procedimientos de trabajo no definidos o sin actualizar, lotes de fabricación de gran tamaño, los equipos o el personal trabajan a tope es decir a su máxima capacidad, poco control de producción. (Socconini, 2008, p. 38)

También se pueden identificar otras pérdidas en los procesos que son:

- Desaprovechamiento de energías (electricidad, combustibles, vapor)
- Excesivos gastos administrativos por falta de liderazgo y control
- Deficiente administración financiera
- Desperdicio en el diseño
- Comunicación deficiente
- Desperdicio de talento
- Políticas erróneas u obsoletas

### **7.3.2. Herramientas de la metodología de *lean manufacturing***

Existen herramientas de básicas para poder garantizar la implementación de *lean manufacturing*.

#### **7.3.2.1. 5'S**

Las 5s es una metodología de trabajo diseñada para establecer estándar de comparación y ejecución de las condiciones de trabajo tales que permitan la realización de os trabajos de forma organizada, limpia y ordenada. Estas condiciones son creadas mediante la generación y el refuerzo de hábitos de comportamiento e interacción social que permite crear un ambiente de trabajo eficiente y productivo. (Salazar, 2019)

La metodología se comprende de 5 puntos críticos, estos son:

- Organización (*Seiri*): separar lo necesario de lo innecesario
- Orden (*Seiton*): asignar un espacio para cada elemento necesario, ubicar elementos de uso poco frecuente en un lugar específico, usar identificación visual, definir frecuencia de uso de herramientas para su disposición.
- Limpieza (*Seiso*): eliminar fuentes de contaminación
- Estandarización (*Seiketsu*): establecer un estándar por medio de ayudas visuales.
- Disciplina (*Shitsuke*): auditorías internas y externas

#### **7.3.2.2. TPM (Mantenimiento Productivo Total)**

El TPM o mantenimiento productivo total según Salazar (2019):

Es una metodología *lean manufacturing* de mejora que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, de los equipos, y del sistema, mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total de las personas. (párr. 2)

El TPM tiene como base 8 pilares que se explican a continuación según Calle (2020):

- Mejoras enfocadas: encontrar oportunidades de mejora dentro de la planta.
- Mantenimiento autónomo: integrar el trabajo del operador con el del técnico de mantenimiento.
- Mantenimiento planificado: tener un plan de mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento de la calidad: ¿Cuál es nuestra tolerancia a las no conformidades?
- Prevención del mantenimiento: planificar el mantenimiento de nuevos equipos.
- Actividades del departamento administrativo y de apoyo: Los departamentos fuera de la línea de producción deben avanzar al mismo tiempo.
- Formación y capacitación: se debe capacitar correctamente al personal
- Gestión de seguridad y Entorno: Se debe tener prevención de riesgo en cada paso.

#### **7.4. Capítulo 4: mantenimiento autónomo**

El mantenimiento autónomo está enfocado en establecer las actividades que se realizarán todos los días por parte de los colaboradores en los equipos que operan, bajo los lineamientos de LILA (Lubricación, Inspección, Limpieza y Ajuste), a esto debe de agregarse las intervenciones menores, el cambio de

herramientas y piezas. La metodología debe estar enfocada en identificar posibles mejoras, haciendo un análisis y generando propuestas de solución a problemas del equipo. Las actividades de mantenimiento autónomo deben ser estandarizadas previas a su ejecución. Los operadores de las líneas deben ser capacitados adecuadamente. (Paz , 2021)

#### **7.4.1. Paso 0: preparación**

El paso 0 consiste en iniciar con el levantado de información de las áreas de trabajo, lo que busca es establecer las líneas base de los equipos. Si no se tiene ningún método de recolección de información se debe crear estos sistemas de recolección de datos que son vitales para el desarrollo del MA. Se debe tomar en cuenta que previo a iniciar con la implementación del paso 0 se debe contar un el estándar de 5'S en el equipo a trabajar.

Los objetivos del paso cero son:

- Capturar los datos de la línea base (*Base line*)
- Establecer objetivos claros para los equipos de MA basándose en las necesidades del negocio.
- Preparar al equipo para entender la metodología
- Establecer la estructura y relaciones de trabajo del equipo de MA
- Desarrollar habilidades para manejar riesgos

- Usar LUPS (Lecciones de un solo punto) como una fuente de aprendizaje continuo.
- Desarrollar los conocimientos de condición de línea base y de los objetivos de la eliminación de pérdidas.

Existen algunos formatos que apoyan en la elaboración del paso 0.

#### **7.4.1.1. Mapa de pérdidas**

Sirve para registrar el punto de partida de un equipo antes de iniciar con la implementación de MA, en él también se plantean las metas u objetivos. En el mapa se establece la línea base de las 3 áreas principales que son: Seguridad (incidentes), Calidad (no conformidades) y producción (Productividad y tiempos muertos).

#### **7.4.1.2. Mapa de seguridad**

El mapa de seguridad es una herramienta que permite a cualquier persona del área o fuera del área poder identificar los dispositivos de seguridad para protección del personal, dispositivos de seguridad para protección de la máquina y las fuentes de alimentación con el fin de facilitar la ubicación de estos a través de un croquis de los equipos con la señalización de cada punto.

#### **7.4.1.3. Matriz de riesgos**

Es una herramienta de prevención de riesgos donde se listan los riesgos de acuerdo con la prioridad de resolución según la calificación de factores como la severidad en caso se dé un incidente, frecuencia de ejecución de las

actividades que podrían provocar un incidente y la probabilidad de ocurrencia de un evento.

#### **7.4.2. Paso 1: limpiar para inspeccionar**

El paso 1 limpiar para inspeccionar, también se conoce como limpieza inicial consiste en hacer el levantado de información de tiempo de limpieza (se hacen 3 limpiezas donde la primera se tiene el tiempo más alto), identificación de defectos, se levantan los listados de defectos de todos los tipos. Lo que se busca es levantar el estándar tentativo de limpieza e inspección.

Los objetivos del paso 1 son:

- Familiarizarse con las actividades del equipo y el rol individual
- Desarrollar habilidades básicas de inspección y aprender a limpiar para inspeccionar.
- Desarrollar conocimiento profundo y curiosidad por la máquina
- Entender el impacto que las anomalías menores tienen sobre la máquina.
- Exponer anomalías ocultas en las máquinas
- Restaurar el deterioro
- Identificar áreas problemáticas

### **7.4.2.1. Tipos de defectos**

Existen 7 tipos de defectos básicos y son los siguientes:

- Defectos de seguridad: pone en riesgo al colaborador o a la máquina
- Defectos de calidad: no conformidades
- Fuentes de contaminación (FDC): puntos donde se genera contaminación en los equipos.
- Áreas de Difícil acceso (ADA): áreas en donde por su condición inaccesible o inalcanzable dificultan la ejecución de tareas de limpieza, inspección, lubricación, ajuste, operación o mantenimiento.
- Partes obsoletas: son partes que ya no se usan o no sirven y no se necesitan
- Condiciones básicas: hay algún faltante o hay un daño al diseño original
- Menores, Edificios

Para pasar al paso 2 se debe resolver el 100 % de defectos de seguridad, calidad y menores, se debe tener resuelto el 80 % de defectos en general.

### **7.4.3. Paso 2: arreglar las fuentes de los problemas**

El paso dos se enfoca en eliminación de las áreas de problema, que se refiere principalmente a ADAs y FDC. De forma paralela se empieza a trabajar

en el levantado de *center lines*, se debe reforzar la inspección y el ajuste. Se busca con este paso elaborar el estándar de center line de los equipos.

Los objetivos del paso 2 son los siguientes:

- Aprender el funcionamiento de la maquinaria y los procesos de transformación a través de LUPS.
- Desarrollar habilidades de solución de problemas usando *Why-Why*
- Desarrollar habilidades de realizar mejoras
- Eliminar ADS y FDC
- Mantener el paso 1
- Hacer mejoras para eliminar las pérdidas

Para pasar al paso 3 es necesario resolver el 100 % de defectos de ADA y FDC.

#### **7.4.4. Paso 3: estándares tentativos de limpieza, inspección, ajuste y lubricación**

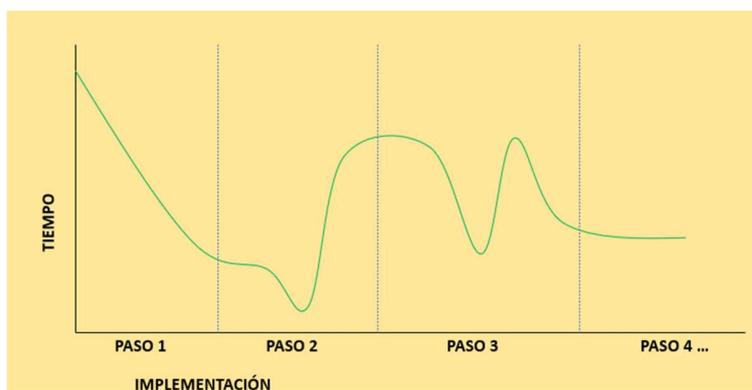
En este paso se diseñan y aplican estándares provisionales de LILA, se validan y se establecen de forma definitiva. Tiene como objetivos:

- Completar los estándares que mantendrán las condiciones de la maquinaria, limpieza, inspección, lubricación y ajuste.

- La gente tiene las habilidades para mantener las condiciones
- Desarrollar habilidades de lubricación
- Desarrollar habilidades para implementar mejoras
- Mantener las condiciones básicas de la máquina
- Desarrollar trabajo en equipo
- Arreglar anomalías de lubricación
- Aplicar controles visuales

De forma general, se espera que el comportamiento de la implementación del MA sea el siguiente:

Figura 7. **Comportamiento del tiempo de ejecución durante la implementación de MA**



Fuente: elaboración propia.

De forma general la gráfica nos indica que cada vez que se hagan ajustes en la metodología de implementación se tendrá un incremento de tiempo que debe ser ajustado con las mejoras de cada paso.



## 8. PROPUESTA DEL INDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLOGICO

INTRODUCCIÓN

### 1. MARCO TEÓRICO

- 1.1. Capítulo 1: industria de plástico
  - 1.1.1. Tipos de plástico
    - 1.1.1.1. Polietileno (PE)
    - 1.1.1.2. Polipropileno (PP)
  - 1.1.2. Procesos de la industria de plástico
    - 1.1.2.1. Extrusión de plástico
    - 1.1.2.2. Conversión de plástico
    - 1.1.2.3. Reprocesado/Reciclado de plástico
- 1.2. Capítulo 2: productividad
  - 1.2.1. Tipos de productividad
    - 1.2.1.1. Productividad Parcial y Productividad Total
    - 1.2.1.2. Productividad física y productividad valorizada

- 1.2.1.3. Productividad promedio y productividad marginal
    - 1.2.1.4. Productividad bruta y productividad neta
  - 1.2.2. Cómo aumentar la productividad
- 1.3. Capitulo 3: *lean manufacturing*
  - 1.3.1. Los grandes desperdicios y sus generadores
    - 1.3.1.1. Muda de sobreproducción
    - 1.3.1.2. Muda de sobre inventario
    - 1.3.1.3. Muda de productos defectuosos
    - 1.3.1.4. Muda de transporte de materiales y herramientas
    - 1.3.1.5. Muda de procesos innecesarios
    - 1.3.1.6. Muda de espera
    - 1.3.1.7. Muda de movimientos innecesarios del trabajador
  - 1.3.2. Herramientas de la metodología de *lean manufacturing*
    - 1.3.2.1. 5'S
    - 1.3.2.2. TPM (Mantenimiento Productivo Total)
- 1.4. Capitulo 4 mantenimiento autónomo
  - 1.4.1. Paso 0: preparación
    - 1.4.1.1. Mapa de pérdidas
    - 1.4.1.2. Mapa de seguridad
    - 1.4.1.3. Matriz de riesgos
  - 1.4.2. Paso 1: limpiar para inspeccionar
    - 1.4.2.1. Tipos de defectos
  - 1.4.3. Paso 2: arreglar las fuentes de los problemas
  - 1.4.4. Paso 3: estándares tentativos de limpieza, inspección, ajuste y lubricación

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3. PRESENTACION DE RESULTADOS

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS



## **9. METODOLOGÍA**

La investigación por elaborar tendrá las siguientes características metodológicas: el diseño será no experimental, tendrá un enfoque mixto, de tipo y alcance descriptivos. Se analizará la información pasada y el efecto sobre el futuro, es decir tendrá una ocurrencia retrospectiva y prospectiva, todo el estudio será de carácter longitudinal.

### **9.1. Diseño**

Se trabajó siguiendo un diseño no experimental ya que no se modificará ninguna de las variables de los procesos productivos, se proyecta una toma de datos de forma prospectiva acompañado del análisis retrospectivo de la información sobre la capacidad de producción, defectos, no conformidades y demás variables de análisis que permiten plantear los planes de acción necesarios para mejorar el proceso.

### **9.2. Enfoque**

La investigación tiene un enfoque mixto, para el análisis cuantitativo se tomará la información histórica de los incidentes de seguridad en el área, no conformidades de calidad, producción, desperdicio generado y tiempo muerto no planeado. En el análisis cualitativo se buscará la mejor secuencia de producción, estándares de orden y limpieza a implementar para garantizar la calidad del área de trabajo.

### **9.3. Tipo**

La investigación es de tipo descriptivo con análisis de información histórica del año 2020 y año 2021 de tipo retrospectiva.

### **9.4. Alcance**

La investigación tiene un alcance descriptivo, a través de ella se busca describir detalladamente el comportamiento de la producción del área de reprocesados, los problemas que evitan cumplir con las metas establecidas de entrega y como estas influyen o impactan negativamente a la operación de la compañía con el fin de proponer posibles soluciones para mejorar la capacidad de entrega.

### **9.5. Variables e Indicadores**

Las variables del estudio son conceptuales y operacionales. Esto nos permite realizar cálculos matemáticos y estadísticos con los valores que estas tengan. Al mismo tiempo son de tipo cuantitativo continuo porque admiten decimales.

Se consideran tres variables a continuación:

- Diagnóstico de la capacidad productiva del área de reprocesados: esta variable es de tipo cuantitativo continuo, se define en la fase de diagnóstico. Esta variable es independiente porque sus valores ya están dados en la fase de diagnóstico y se asocia con dos indicadores:

- Producción de reprocesados
- Porcentaje de entrega
- Identificación de las principales pérdidas del área de reprocesados: esta variable es de tipo cuantitativo continuo, se define en la fase de identificación de pérdidas. Esta variable es independiente porque sus valores ya están dados en la fase inicial y se asocia con 3 indicadores.
  - Incidentes de seguridad
  - No conformidades
  - Tiempo muerto no planeado
- Establecer medidas de medición de la productividad: esta variable es de tipo cuantitativo continuo, se define en la fase de definición de KPI de medición de avance. Esta variable es dependiente porque sus valores dependen de la reducción de pérdidas del proceso, se asocia con los indicadores:
  - Eficiencia global del equipo
  - Porcentaje de desperdicio

## **9.6. Variables e indicadores**

En la tabla II se describe a detalle la operacionalización de las variables de la investigación.

Tabla I. Operacionalización de variables

Nombre de la variable	Tipo de variable	Indicador	Técnica de recolección de datos
<ul style="list-style-type: none"> <li>Diagnóstico de la capacidad productiva del área de reprocesados.</li> </ul>	Conceptual y operacional de tipo cuantitativo continuo, variable independiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Producción de reprocesados: ((Kilogramos producidos) / (Horas trabajadas)) *100</li> <li>Porcentaje de entrega: ((Producción entregada) / (Producción solicitada)) *100</li> </ul>	Observación en línea Consultas al sistema
<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación de las principales pérdidas del área de reprocesados.</li> </ul>	Conceptual y operacional de tipo cuantitativo continuo, variable independiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incidentes de seguridad: Conteo de Primeros auxilios, cuasi incidentes, incidentes con tiempos perdido durante el periodo de medición</li> <li>No conformidades: cantidad de no conformidades detectadas durante el periodo de medición</li> <li>Tiempo muerto no planeado: Sumatoria de los tiempos de averías + fallas de proceso + Paros externos</li> </ul>	Consultas en las bases de datos de seguridad, calidad, producción y mantenimiento. Tomade de datos en las líneas
<ul style="list-style-type: none"> <li>Establecer medidas de medición de la productividad.</li> </ul>	Conceptual y operacional de tipo cuantitativo continuo, variable dependiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eficiencia global del equipo: ((tiempo productivo/tiempo productivo planeado) * (producción/producción esperada) * ((producción buena - desperdicio) / producción buena)) *100</li> <li>Porcentaje de desperdicio: ((desperdicio / (desperdicio + producción buena))) *100</li> </ul>	Toma de datos del sistema Cálculos matemáticos

Fuente: elaboración propia.

## **9.7. Fases de la investigación**

La investigación se compone de 4 fases comprendidas de semanas con cinco días laborales:

### **9.7.1. Fase 1: revisión documental**

Durante las primeras 12 semanas se tiene planificado hacer la revisión documental mediante encuestas, consultas y observaciones en área de reprocesados, supervisión de producción y programación de la producción para comprender el proceso productivo desde que se programa hasta que se entrega producto terminado.

- Las primeras 2 semanas se harán encuestas al personal operativo y de supervisión, de forma paralela se harán visitas a las diferentes áreas de la planta.
  - Producción
    - Operadores de los 2 turnos (día y noche)
    - Auxiliares de los 2 turnos (día y noche)
  - Supervisión
    - Gerente de producción
    - Encargado de producción del área

- Programación
  - Supervisión de programación
  - Programador del área de compuestos y reprocesados
- En las 6 semanas siguientes se hará visitas consecutivas al área de reprocesados para generar cualquier tipo de consulta que surja del proceso productivo, las consultas irán dirigidas al personal operativo del área, supervisión del área, programadores de la producción y personal de soporte de bodega que abastece las líneas de reprocesados.
- Las últimas 4 semanas serán empleadas para realizar más visitas al área y observar el proceso para constatar la información obtenida en las encuestas y en las consultas realizadas en los primeros días de la fase de investigación.

### **9.7.2. Fase 2: diagnóstico**

A partir de la semana 13 se iniciará con el diagnóstico del área de trabajo. Se hará a través de observaciones directas y visitas al área.

- Durante 6 semanas se hará la recolección de datos de las dos máquinas que se utilizan para reprocesar materiales. La información por recolectar será:
  - Materiales que se reprocesan

- Orden de producción de los materiales (por el giro de negocio de la compañía algunos materiales no pueden llevar trazas de ciertos ingredientes).
  - Capacidad de producción de cada una de las líneas de acuerdo con los materiales.
  - Histórico de producción
  - Histórico de incidentes de calidad y registro de los nuevos
  - Histórico de incidentes de seguridad y registro de los nuevos
  - Registro de tiempos muerto, averías, fallas de proceso y paros por fuentes externas.
- Las siguientes 3 semanas se hará un recorrido detallado por las líneas de producción haciendo seguimiento a un producto desde que se programa hasta su consumo en los procesos de extrusión. Se observará siendo parte del proceso y se documentará cualquier hallazgo.

### **9.7.3. Fase 3: Identificación de pérdidas**

En la semana 21 se hará un análisis detallado de la información para identificar los puntos de mejora y se hará el diseño del plan de trabajo a seguir.

- 6 semanas días será de análisis de datos para armar un Pareto de causas de pérdidas.

- Durante las siguientes 6 semanas días se hará el diseño del plan de implementación de mantenimiento autónomo en el área de reprocesados.

#### **9.7.4. Fase 4: definición de KPIS de medición de avance**

Al inicio de la semana 33 se definirán los indicadores de desempeño necesarios a medir durante la implementación y determinar la correcta ejecución del plan diseñado.

- Las primeras 2 semanas se hará la validación del plan propuesta con la parte de supervisión del área de reprocesados.
- La siguiente semana será para definir cuáles serán los indicadores (KPI) de desempeño.

#### **9.8. Población y muestra**

La población total comprende de los 8 colaboradores que laboran en el departamento de reprocesado de plástico.

Aplicando análisis de muestreo estadístico con un nivel de confianza del 95 % y con un error del 5 % se calcula en el tamaño de la muestra:

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2 Z^2} = 7.86$$

Donde:

Tabla II. **Resumen de cálculo de la muestra**

<b>n</b>	<b>Tamaño de la muestra</b>	<b>Por determinar</b>
<b>N</b>	Tamaño de la población	8
$\sigma$	Desviación estándar de la población	0.5 por convención
<b>Z</b>	Tipificación del nivel de confianza de la distribución normal	1.96
<b>e</b>	Error de la muestra	0.05 por convención

Fuente: elaboración propia.

Para el desarrollo de la investigación se ha definido tomar a todos los colaboradores que participan en la operación del área debido a que no existe una diferencia significativa con la muestra calculada.



## **10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**

Se hará la recolección de datos del área de reprocesados, estos datos serán tabulados y graficados para su posterior análisis mediante estadística descriptiva para identificar características específicas.

Se analizarán todos los códigos disponibles para reprocesar ya que las capacidades de producción varían desde los 90 hasta los 220 kg/h dependiendo de los ingredientes del plástico y la máquina a utilizar, esto permitirá segmentar la información de acuerdo con cada tipo de material.

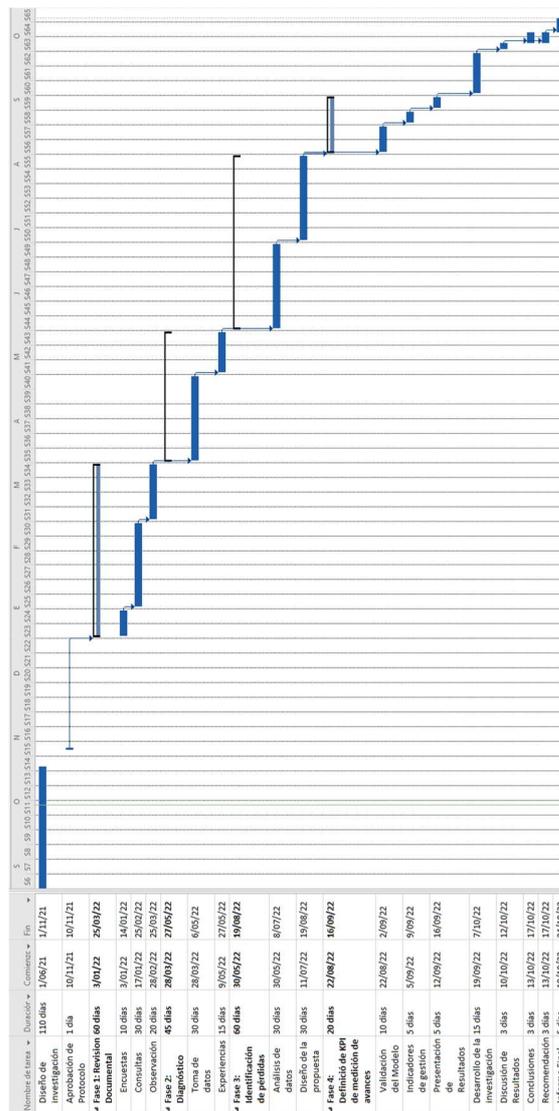
A través de la aplicación de la estadística descriptiva se calcularán promedios mensuales de la producción y de las pérdidas en las líneas para establecer las líneas base de las máquinas para la implementación del mantenimiento autónomo. Se graficarán diagramas de Pareto para identificar las causas que las pérdidas en las líneas. Esto nos permitirá identificar patrones a lo largo del tiempo.

Toda la información será tabulada de forma electrónica en hojas de cálculo del programa de Excel, el programa facilitará el cálculo de la estadística. En el programa de Word se resumirá toda la investigación a través de las conclusiones y recomendaciones.



# 11. CRONOGRAMA

Figura 8. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Project 2019.



## **12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO**

### **12.1. Recursos**

Para la ejecución de la investigación serán necesarios recursos de diversas índoles que se resumen a continuación:

#### **12.1.1. Recursos humanos**

- Operadores del área de reprocesados
- Auxiliares del área de reprocesados
- Encargado de producción de reprocesados
- Supervisor de producción de reprocesados
- Programador de la producción
- Operador de montacargas que abastece materia prima a reprocesados
- Operador de montacargas que mueve producto terminado
- Estudiante que elabora el estudio
- Asesor de la investigación

#### **12.1.2. Recursos físicos**

- Cuaderno con hojas cuadrícula tamaño carta
- Bolígrafos
- Laptop
- Impresora
- Tóner de impresora

- Computadora portátil
- Teléfono celular con plan de datos y línea telefónica
- Vehículo y gasolina para transporte

### 12.1.3. Recursos financieros

En la tabla III se describe a detalle el coste y los recursos necesarios para el desarrollo de la investigación.

Tabla III. **Desglose de gastos proyectados**

<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
<b>Recurso humano</b>			
Honorarios del asesor	1	Q -	Q -
<b>Recursos materiales</b>			
Cuaderno tamaño carta	1	Q 75.00	Q 75.00
Bolígrafo	1	Q 15.00	Q 15.00
Toner de impresora Epson	1	Q 300.00	Q 300.00
<b>Servicios</b>			
Plan de teléfono	10	Q 275.00	Q 2,750.00
Consumo de combustible	10	Q 400.00	Q 4,000.00
Servicio Internet	10	Q 275.00	Q 2,750.00
<b>Imprevistos</b>			
	1	Q 1,000.00	Q 1,000.00
<b>TOTAL</b>			<b>Q 10,890.00</b>

Fuente: elaboración propia.

El desarrollo de la investigación será financiado 100 % por el estudiante investigador.

### 13. REFERENCIAS

1. Agexport. (s.f.). Agexport Plasticos. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://export.com.gt/publico/comision-de-plasticos>
2. CAIP. (s.f.). Tipos de Plásticos. [Mensaje de blog]. Recuperado de: <https://www.caip.org.ar/tipos-de-plasticos/>.
3. Calle, J. (03 de noviembre de 2020). 8 Pilares del TPM. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://bsginstitute.com/bs-campus/blog/los-8-pilares-del-tpm-1134>.
4. Alcaraz, M. (2018). ¿Se puede medir la productividad? [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.getbillage.com/es/blog/se-puede-medir-la-productividad>.
5. Carro, R. y González, D. (2000). *Administración de Operaciones*. Buenos Aires, Argentina: Nueva Librería.
6. Chamorro, J. y Lagos, O. (2018). Implementación del Modelo TPM (Total Productive Maintenance) para la mejora de procesos productivos en la industria nicaragüense (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua.

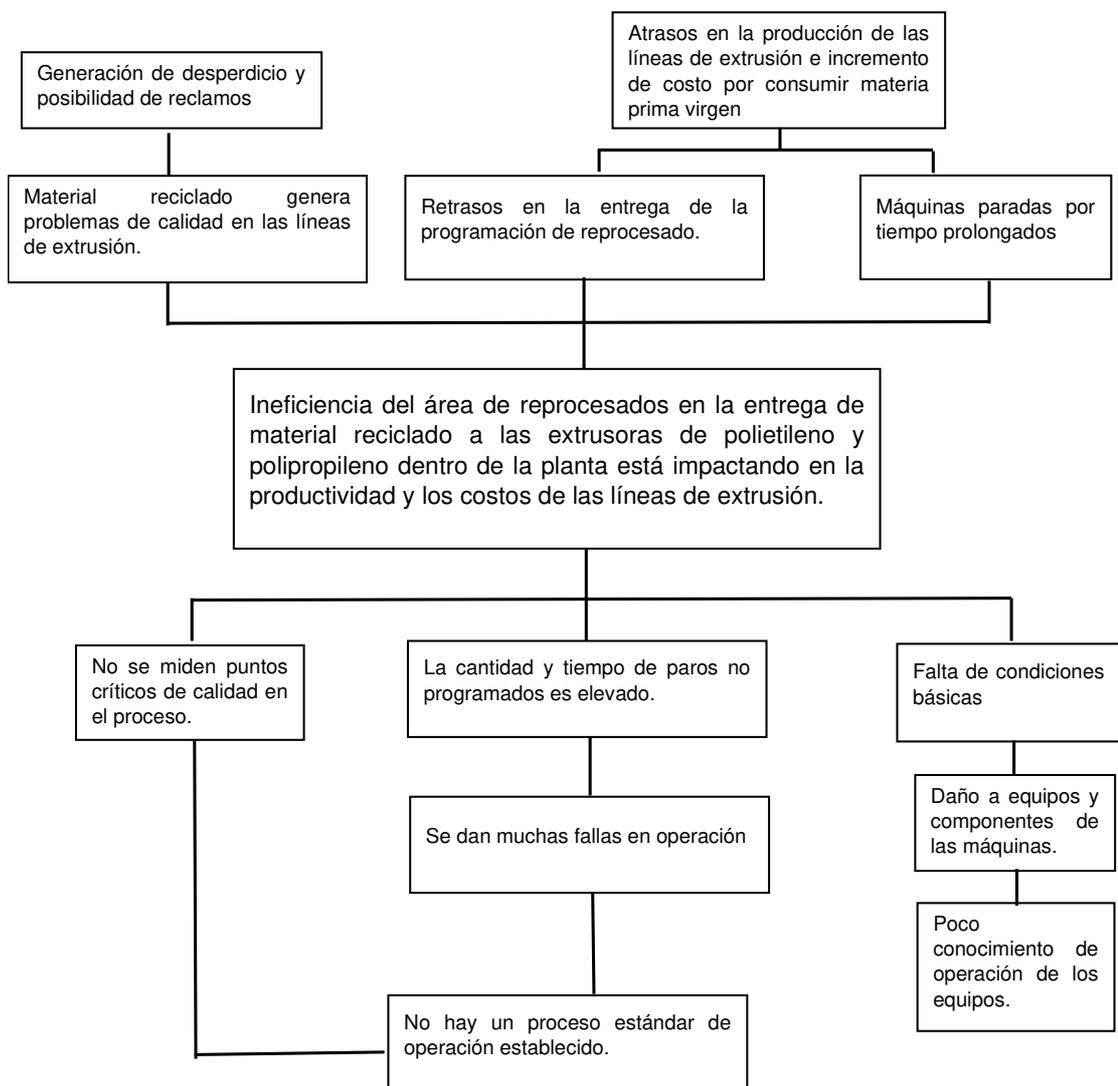
7. Chyi Yang. (s.f.). 3-LINE SLITTING & GUSSETING T-SHIRT BAG MAKING MACHINE. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.chyiyang.com/3-line-slitting-gusseting-t-shirt-bag-making-machine>.
8. DREW. (11 de agosto de 2020). Productividad y eficiencia en la fabricación: La diferencia en 2020. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://blog.wearedrew.co/productividad-y-eficiencia-en-la-fabricacion-la-diferencia-en-2020>.
9. Drew. (26 de 05 de 2020). Paso a paso: ¿Cómo aumentar la productividad en tu fábrica? [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://blog.wearedrew.co/paso-a-paso-como-aumentar-la-productividad-en-tu-fabrica>.
10. ECO-TECH. (s.f.). Extrusora para Polietileno de alta y baja densidad. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.eco-tech.com.pe/imagenes/pdfproducto/8extrusora-para-polietileno-de-alta-y-baja-densidad.pdf>.
11. Gómez, K., Saldaña, K. y Quintero, L. (2020). Propuesta de estandarización de procesos de fabricación de colchones para mejorar la productividad en la empresa Grupo Kasamia S.A.S. (Tesis de maestría). Universidad ECCI, Bogotá.
12. Góngora, J. P. (3 de octubre de 2014). La industria del plástico en México y el mundo. [Mensaje de blog]. Recuperado de [http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/761/3/la\\_industria\\_del\\_plastico.pdf](http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/761/3/la_industria_del_plastico.pdf).

13. Hermida, É. (2011). *Polimeros: Guía didáctica*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Educación Tecnológica. Recuperado de [http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/09\\_Polimeros.pdf](http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/09_Polimeros.pdf).
14. Herrera, C. (2018). Desarrollo de la metodología de 5's para el área de colonias como pilar de manejo productivo total (TPM) y mejora de la productividad, en una empresa cosmética (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala.
15. Martín, C. (17 de marzo de 2021). ¿Qué es el TPM? [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://leansisproductividad.com/mantenimiento-productivo-total-tpm>.
16. Palapa, J. (2012). *Propuesta de estandarización de procesos* (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, México.
17. Paz, M. (16 de septiembre de 2021). Mantenimiento Autónomo. (F. Vega, Entrevistador).
18. PLAS Alliance LTD. (s.f.). Máquina de fabricación de bolsas con cierre + sistema de bolsas de uva. [Mensaje de blog]. Recuperado de [https://www.pal-plas.com/es/products\\_i\\_Zipper\\_attachment\\_bag\\_making\\_machine\\_Grape\\_bag\\_system.html](https://www.pal-plas.com/es/products_i_Zipper_attachment_bag_making_machine_Grape_bag_system.html).
19. Robco Engineering. (s.f.). ROBLON TORNADO 250: Two-for-one heavy-duty twister. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.robco-eng.com/twisters/tornado-250/>.

20. Salazar, B. (29 de octubre de 2019). *Metodología de las 5'S*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-y-control-de-calidad/metodologia-de-las-5s/>.
21. Socconini, L. (2008). *Lean Manufacturing: Paso A Paso*. Colombia: Norma.
22. Tecnología de los Plásticos. (11 de marzo de 2011). *Extrusión de materiales plásticos*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>.
23. Valdez, J. (2017). Implementación del mantenimiento autónomo para aumentar la disponibilidad de equipos trackless en Uchucchacua (Tesis de maestría). Universidad Nacional del Centro de Perú, Perú.

## 14. APÉNDICES

### Apéndice 1. Árbol de problemas



Fuente: elaboración propia, realizado con Visio 2019.

## Apéndice 2. Matriz de coherencia

Tema	Título	Problema	Pregunta central	Preguntas secundarias	Objetivo guía	Objetivos específicos
Incremento en la productividad.	Diseño de un plan para el incremento en la productividad del área de reprocesados en una planta ubicada en Villa Nueva Guatemala mediante la reducción de pérdidas aplicando la metodología de mantenimiento autónomo.	La Ineficiencia del área de reprocesados en la entrega de material reciclado a las extrusoras de polietileno y polipropileno dentro de la planta está impactando en la productividad y los costos de las líneas de extrusión.	¿Cuál es el mejor plan para la estandarización de procesos para el área de reprocesados en una industria de plásticos que afectará positivamente la productividad y la reducción de costos?	¿Cuál es la capacidad productiva del área de reprocesados al inicio de la investigación?	Diseñar un plan para la mejora de la productividad del área de reprocesados mediante la estandarización de procesos.	Determinar la capacidad productiva del área mediante el análisis de la capacidad instalada y el historial de producción.
				¿Cuáles son las principales fallas o pérdidas que se dan en el área de reprocesados y generan atrasos en la producción?		Identificar las principales pérdidas del área de reprocesados mediante la metodología de análisis de causa raíz.
				¿Existirá una mejora en la productividad del área de reprocesados al realizar una estandarización de procesos?		Establecer los KPI para medir la productividad del área de reprocesados a partir de la estandarización de procesos.

Fuente: elaboración propia.