



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA  
PLANTA DE ALIMENTOS UBICADA EN ZONA 14 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

**Edy Rodelbí Juárez González**

Asesorado por la Mtra. Ing. Karina Isabel Franco López

Guatemala, febrero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA  
PLANTA DE ALIMENTOS UBICADA EN ZONA 14 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**EDY RODELBÍ JUÁREZ GONZÁLEZ**

ASESORADO POR LA MTRA. ING. KARINA ISABEL FRANCO LÓPEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2023

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 Vladimir 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
EXAMINADOR	Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
EXAMINADOR	Ing. Herbert Samuel Figueroa Avendaño
EXAMINADOR	Ing. Víctor Hugo Dardón Castillo
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 PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA  
PLANTA DE ALIMENTOS UBICADA EN ZONA 14 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 11 de noviembre de 2022.

**Edy Rodelbí Juárez González**



**EEPFI-PP-1957-2022**

Guatemala, 11 de noviembre de 2022

**Director**  
**Gilberto Morales Baiza**  
Escuela De Ingenieria Mecanica  
Presente.

**Estimado Ing. Morales**

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: **ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS UBICADA EN ZONA 14 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Área de Operaciones - Optimización de operaciones y procesos**, presentado por el estudiante **Edy Rodelbi Juárez González** carné número **201213452**, 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 Gestion 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.

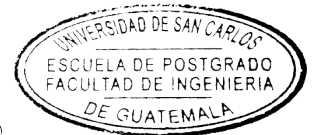
Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

Mtra. Karina Isabel Franco López  
Asesor(a)

**Karina Isabel Franco López**  
Ingeniera Civil  
Colegiado No. 18,844

Mtro. Hugo Humberto Rivera Perez  
Coordinador(a) de Maestría



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





EEP-EIM-1602-2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica de la Facultad de Ingenieria 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: **ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS UBICADA EN ZONA 14 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Edy Rodelbi Juárez González**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Gilberto Morales Baiza  
Director  
Escuela De Ingenieria Mecanica

Guatemala, noviembre de 2022

LNG.DECANATO.OI.204.2023

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, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS UBICADA EN ZONA 14 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por: **Edy Rodelbí Juárez González**, 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, febrero de 2023

AACE/gaoc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme la sabiduría y el amor incondicional para culminar con éxito una etapa profesional más de mi vida.
- Mis padres** Dolores González y Félix Juárez (q. d. e. p.) por apoyarme incondicionalmente y darme las herramientas necesarias para avanzar en la vida.
- Mis hermanos** Por estar presente en cada uno de mis logros y motivarme a seguir luchando por las metas que me propongo.
- Mis amigos** Por la valiosa amistad brindada y el acompañamiento en cada etapa de mi vida.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por brindarme el conocimiento para formarme como profesional y contribuir en el desarrollo de mis objetivos.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por darme las herramientas necesarias para poder contribuir con el desarrollo industrial de Guatemala.
<b>Escuela de Estudios de Postgrado</b>	Por permitirme adquirir nuevos conocimientos profesionales y brindarme las oportunidades de alcanzar nuevas metas.
<b>Mi asesor</b>	Mtra. Ing. Karina Isabel Franco López por orientarme y contribuir para que el desarrollo de este proyecto sea de acuerdo con lo establecido profesionalmente.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
3.1. Planteamiento.....	7
3.2. Contexto y descripción .....	8
3.3. Preguntas de investigación.....	9
3.3.1. Pregunta central.....	9
3.3.2. Preguntas auxiliares .....	9
3.4. Delimitación del problema.....	9
4. JUSTIFICACIÓN .....	11
5. OBJETIVOS.....	13
5.1. General.....	13
5.2. Específicos .....	13
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN .....	15

7.	MARCO TEÓRICO .....	19
7.1.	Industria de producción de alimentos en Guatemala .....	19
7.1.1.	Limpieza de la materia prima.....	20
7.1.2.	Preparación de los alimentos .....	20
7.1.2.1.	Corte de los alimentos .....	20
7.1.2.2.	Cocción de alimentos .....	21
7.1.3.	Empaque de alimentos.....	22
7.2.	Productividad .....	22
7.3.	La productividad del mantenimiento .....	23
7.4.	Mantenimiento.....	24
7.4.1.	Mantenimiento correctivo.....	25
7.4.2.	Mantenimiento preventivo.....	25
7.4.2.1.	Ventajas del mantenimiento preventivo .....	26
7.4.2.2.	Indicadores del mantenimiento preventivo .....	27
7.5.	¿Qué es un plan de mantenimiento preventivo? .....	27
7.5.1.	Proceso de implementación de un plan de mantenimiento preventivo.....	28
7.5.1.1.	Etapa 1: análisis de la función principal de la maquinaria .....	29
7.5.1.2.	Etapa 2: determinación de causas de falla en los equipos .....	29
7.5.1.3.	Etapa 3: clasificación y jerarquización de las causas de fallas de los equipos.....	29
7.5.1.4.	Etapa 4: creación de órdenes de trabajo y determinación de la frecuencia del mantenimiento .....	30

8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	31
9.	METODOLOGÍA .....	35
9.1.	Características del estudio.....	35
9.1.1.	Enfoque de Investigación.....	35
9.1.2.	Alcance .....	35
9.1.3.	Diseño de la investigación .....	36
9.1.4.	Unidad de análisis.....	36
9.1.5.	Variables.....	36
9.2.	Fases de estudio .....	37
9.2.1.	Fase 1: revisión documental y bibliográfica.....	38
9.2.2.	Fase 2: levantamiento del inventario de la maquinaria .....	38
9.2.3.	Fase 3: elaboración del contexto operacional y las hojas de ruta de los equipos.....	39
9.2.4.	Fase 4: identificar los equipos críticos.....	39
9.2.5.	Fase 5: determinar la frecuencia de mantenimiento .....	40
9.2.6.	Fase 6: diseño de un sistema de documentación para registrar los hallazgos .....	40
9.2.7.	Fase 7: desarrollar un plan de capacitación .....	40
10.	TÈCNICAS DE ANÀLISIS DE LA INFORMACIÒN.....	43
11.	CRONOGRAMA.....	45
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	47
12.1.	Presupuesto .....	47

13.	REFERENCIAS .....	49
14.	APÉNDICES .....	55

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Esquema de solución.....	17
----	--------------------------	----

### TABLAS

I.	Unidad de análisis.....	36
II.	Cronograma de investigación .....	45
III.	Presupuesto.....	47



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>L</b>	Litros
<b>N</b>	Nitrógeno
<b>O</b>	Oxígeno
<b>%</b>	Porcentaje





## GLOSARIO

<b>BTU</b>	Unidad Térmica Británica.
<b>CDM</b>	Confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad.
<b>Confiabilidad</b>	Grado en que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes.
<b>Contexto operacional</b>	Conjunto de condiciones reales del proceso bajo las cuales opera el equipo.
<b>Desempeño</b>	Rendimiento de un equipo al momento de llevar a cabo sus funciones.
<b>Durabilidad</b>	Capacidad de los materiales y componentes para soportar cargas estáticas, cuasiestáticas y dinámicas (recurrentes o de impacto) sin sufrir daños.
<b>Efectividad</b>	Capacidad de conseguir el efecto deseado en lo que se realiza.
<b>Eficacia</b>	Capacidad para producir el efecto deseado o de ir bien para determinada cosa.
<b>Eficiencia</b>	Se refiere a lograr las metas con la menor cantidad de recurso.

<b>EPP</b>	Equipo de protección personal.
<b>Estandarización</b>	Proceso de ajustar o adaptar características en un producto, servicio o procedimiento; con el objetivo de que éstos se asemejen a un tipo, modelo o norma en común.
<b>Factibilidad</b>	Se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señaladas.
<b>Falla</b>	Condición no deseada que hace que el elemento estructural no desempeñe una función para la cual existe.
<b>Funcionalidad</b>	Conjunto de características que hacen que algo sea práctico y utilitario.
<b>GLP</b>	Gas Licuado del Petróleo.
<b>Hoja de ruta</b>	Hoja que describe las tareas de mantenimiento a realizar a un grupo de equipos.
<b>Indicadores</b>	Característica específica, observable y medible que puede ser usada para mostrar los cambios y progresos que está haciendo un programa hacia el logro de un resultado específico.

<b>Inventario</b>	Documento donde se registran todos los bienes tangibles y en existencia de una empresa, que pueden utilizarse para su alquiler, uso, transformación, consumo o venta.
<b>Mantenimiento</b>	Conservación de un elemento en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación.
<b>MAP</b>	Envasado en atmósfera modificada.
<b>Materia prima</b>	Materia extraída de otros materiales y que se utiliza o transforma para elaborar otros materiales que más tarde se convertirán en bienes de consumo.
<b>MTBF</b>	Tiempo medio entre fallas.
<b>MTTR</b>	Tiempo medio de reparación.
<b>Operarios</b>	Persona que tiene un oficio de tipo manual o que requiere esfuerzo físico, en especial si maneja una máquina en una fábrica o taller.
<b>Óptimo</b>	Que es extraordinariamente bueno o el mejor, especialmente en lo que se refiere a las condiciones o características de una cosa, por lo cual resulta muy difícil o imposible encontrar algo más adecuado.

<b>Organolépticas</b>	Consisten en todas aquellas descripciones de las características físicas que tiene la materia en general, según la puedan percibir los sentidos, como por ejemplo sabor, olor, color, textura, temperatura y calor.
<b>Paros no programados</b>	Son todos esos eventos imprevistos que nos obligan a detener un equipo o una máquina para resolver algún problema.
<b>Planificación</b>	Proceso de toma de decisiones para alcanzar un futuro deseado, teniendo en cuenta la situación presente y los factores internos y externos que pueden influir en el logro de los objetivos.
<b>PMP</b>	Plan de Mantenimiento Preventivo.
<b>Procedimiento</b>	Es un conjunto de acciones que tienen que realizarse todas igualmente, para obtener los mismos resultados bajo las mismas circunstancias.
<b>Productividad</b>	Relación entre la cantidad de productos obtenidos por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción.

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación describe y analiza las condiciones de una planta de alimentos en la zona 14 de la ciudad de Guatemala que presenta una baja productividad en la producción de alimentos a consecuencia del bajo rendimiento de la maquinaria por fallas continuas que limitan el alcance de las metas planteadas para una mayor rentabilidad.

El problema de investigación detalla que las fallas continuas en la maquinaria están constituidas a consecuencia de una falta de control y análisis previa a presentarse una falla en sus mecanismos, por tal razón el análisis conlleva a la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo a cada grupo de maquinaria en la planta de producción, que garantiza la disponibilidad y confiabilidad de los equipos a través de órdenes de trabajos que describen las partes críticas para la revisiones en una determinada frecuencia que el equipo necesita.

El análisis de la implementación del plan de mantenimiento preventivo a la maquinaria ayuda a la empresa a definir estrategias que garanticen la continuidad de un control frecuente que permita el cumplimiento de las metas previamente establecidas.



# 1. INTRODUCCIÓN

Al contar con las condiciones adecuadas para el mejoramiento de los procesos de producción permite aumentar la productividad, la calidad de los productos y la competitividad en el mercado. Uno de los factores que permiten este logro está basado en mantener la maquinaria en óptimas condiciones para que logren ejecutar adecuadamente las funciones requeridas en el proceso.

El presente trabajo de investigación aborda temas enfocados en aumentar la productividad de una empresa dedicada a la producción de alimentos tradicionales, los cuales se ven afectados por las constantes fallas que interrumpen los procesos. La empresa no cuenta con un método adecuado de detección de fallas de los equipos, la propuesta de la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo proporcionará un mejor control respecto a la disponibilidad y confiabilidad de estos.

Este método propuesto dispondrá de un control más efectivo que permita darle un enfoque basado en resultados a través de las metas planteadas por los indicadores. La viabilidad de esta propuesta está determinada por la constante necesidad de desarrollar una metodología que permita la libertad de disponer en cualquier momento de los equipos cuando la demanda de la producción lo requiera. Considerando que las fallas son constantes e interrumpen los procesos de producción, el método de prevención permite que los equipos logren una vida útil más prolongada y disminuya el costo de reparación obtenidos con el mantenimiento correctivo.



Al evaluar cada falla y determinar el procedimiento adecuado de solución de cada uno de los mecanismos de los equipos, permitirá tener una respuesta rápida y planificada, aumentando la productividad de los equipos y los procesos de producción. Por ello el informe final estará constituido de 5 capítulos descritos a continuación:

En el capítulo 1 se establecen los antecedentes, tomados como referencia para tener el argumento adecuado para desarrollar el contenido de la investigación.

En el capítulo 2 se describe el marco teórico, el cual representa la base teórica que determina las condiciones adecuadas para el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo para aumentar la productividad en la producción de alimentos en la empresa.

EL capítulo 3 presenta el desarrollo de la investigación, la cual describe los procedimientos que utilizará el investigador para obtener los valores adecuados de disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria en la línea de producción.

En el capítulo 4 se presentan los resultados del trabajo de graduación, los cuales constituirán el cumplimiento de los objetivos específicos para obtener los valores planteados.

En el capítulo 5 se describe la discusión de los resultados obtenidos, la cual tiene como finalidad describir detalladamente el cumplimiento de los objetivos específicos planteados en la investigación.

## 2. ANTECEDENTES

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo a la maquinaria representa un punto muy importante para aumentar la productividad en la producción debido a que al tener la disponibilidad y confiabilidad de que el equipo funcione sin ningún tipo de falla en el momento que se requiera, corresponde a asegurar que la producción de alimentos cumpla con las metas establecidas por las necesidades de los clientes y esto genere la rentabilidad correspondiente a la empresa.

Cabe mencionar que el autor Ramos (2017), describe en su tesis de pregrado, aumento de la disponibilidad mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo a las maquinarias de la empresa Atlanta Metal Drill S.A.C., que existe un umbral en el cual antes de llegar a ese punto, no se deteriora el mismo, lo que causaría un producto defectuoso o casi defectuoso, esto asegura que un buen mantenimiento a los equipos aumentaría la capacidad de producción.

Dada la necesidad de mantener la maquinaria en óptimas condiciones para que no afecten en el desempeño de la producción Caro y Rubio (2019) afirman en su tesis de licenciatura, implementación de un plan de mantenimiento preventivo para reducir los costos operativos de un club de esparcimiento, que el mantenimiento preventivo contiene varios beneficios y que uno de sus principales objetivos está constituido en reducir las interrupciones de la producción y la pronta depreciación de la maquinaria basada en la conservación y continuación de los equipos en óptimas condiciones. Para lograr este desempeño óptimo se tiene que tomar en cuenta

variables como temperatura, presión, ruido, viscosidad de aceite, vibración entre otros en los equipos.

Los paros no programados constituyen riesgos innumerables en la productividad del personal, maquinaria y el fortalecimiento de la credibilidad del cliente hacia la empresa, así lo menciona Días (2017) en su tesis de licenciatura, implementación de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad de la planta N°1 de la empresa Corporación REX S.A., en la que la aplicación de metodologías ingenieriles en el campo del mantenimiento industrial representa un alto impacto en los altos índices de paros en las plantas de producción debido a la ausencia de un plan de mantenimiento preventivo a la maquinaria que permitiría el mejor aprovechamiento del estado de funcionalidad y operatoria de todos los equipos que constituyen la empresa.

Según Simón (2017) en su tesis de pregrado, implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en la empresa metalmecánica EMECA SAC, COMAS, demuestra la existente relación entre la productividad y el mantenimiento preventivo de la maquinaria tras implementarlo a las 9 máquinas de la empresa obtuvo un aumento de la fabricación de piezas de un 0.45 a 0.68 a un intervalo mayor de productividad entre 0.80 y 0.86, logrando incrementar la eficiencia y la disponibilidad de los equipos.

Para Quiroz y Ramírez (2020) en su tesis de licenciatura, aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en el área de producción de la empresa metalmecánica ROKY R.S.L., San Martín de Porres, menciona que la finalidad de la implementación de un plan de mantenimiento a la maquinaria es mejorar la productividad a través del aumento

de la eficiencia y la eficacia, así mismo reduce los costos tras dejar obsoleto el mantenimiento correctivo lo cual genera en el cliente confianza y aumenta la competitividad de la empresa en el mercado.

El aumento de la productividad con la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo permite maximizar la eficiencia en los equipos y por ende aumentar las ganancias en los resultados finales de la producción, así lo demuestra Alban (2017) en su tesis de licenciatura, implementación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad de las maquinarias en la empresa de Construcciones Reyes S.R.L. para incrementar la productividad, que tras realizar un análisis de costo-beneficio, luego de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, obtuvo ganancias por 0.76 céntimos por cada sol (moneda de Chiclayo) invertido.



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

#### **3.1. Planteamiento**

La empresa cuenta con deficiencia en el cumplimiento de la capacidad máxima en el proceso de producción de alimentos debido a que frecuentemente se reportan daños de los componentes de la maquinaria en general. Tras realizar las respectivas inspecciones se ha encontrado partes de los equipos en condiciones de desgaste, oxidación, obstrucción de paso de los fluidos de agua, gas GLP, vapor o daños en sus sistemas de control eléctrico, neumático e hidráulico, todo esto aunado a la mala o poca limpieza de los equipos luego de realizar su función principal.

La aplicación del mantenimiento en corregir fallas de los equipos hasta el momento de que estos presenten daños y provoquen una falla súbita, generan un paro de emergencia limitando el proceso de producción en capacidad y en calidad del producto terminado. Los equipos, en su mayoría, con un costo monetario relativamente elevado, no cuentan con otro equipo similar para sustituirlo, esto genera que la producción se haga manualmente, retrasando la entrega de los pedidos en el tiempo pactado y generando inconformidad con el cliente final.

Tras revisar el historial de mantenimiento, se encuentra una falta de control o de una metodología de prevención en el cambio de elementos, partes o estructura de los equipos que prolongarían el tiempo de vida de los mismos y evitaría los paros no programados.

### **3.2. Contexto y descripción**

El área de la planta llamada industrial, cuenta con diez y seis estufas industriales con cuatro hornillas cada una, tres marmitas, un basculante, trece hornos de convección, un horno rotativo, una parrilla, una plancha, una batidora industrial, una amasadora industrial, una licuadora industrial, dos peladoras de papas, una picadora y rebanadora de verduras. Cada uno de estos equipos es indispensable para garantizar que la producción, en una jornada laboral, cumpla a totalidad las metas propuestas por la Gerente de Producción. Los menús que contiene esta área están constituidos para el cumplimiento de envíos para el desayuno, refacción, almuerzo y cenas a entidades que permanecen las veinticuatro horas laborando.

Los hornos y estufas industriales representan los dos grupos de equipos más críticos del área, ya que comúnmente los menús más utilizados y repetidos contienen piezas de pollo horneadas, arroz, huevos duros, frijoles colados y bebidas calientes que son cocinados en sartenes de 10 L. Debido a esta alta demanda existen jornadas en las cuales permanecen encendidos más de ocho horas, haciendo que quemadores, parrillas y motores de los ventiladores de los hornos sufran mayor desgaste y esfuerzos continuos por fatiga, ocasionando fallas imprevistas.

Al no existir ninguna planificación para el mantenimiento preventivo de estos equipos, cada falla es corregida en el momento que se presentan, comúnmente se tienen reportes de paros e incumplimiento en la cantidad de alimentos terminados, con más frecuencia en el turno nocturno, ya que el personal del departamento de mantenimiento técnico no labora en horario nocturno, haciendo que los equipos en esa jornada permanezcan por más tiempo inutilizables, afectando directamente a la meta de producción.

### **3.3. Preguntas de investigación**

En los siguientes incisos se describen las preguntas formuladas necesarias para el desarrollo de la investigación.

#### **3.3.1. Pregunta central**

¿Cómo aumentar la productividad en la producción de alimentos a través de un plan de mantenimiento preventivo?

#### **3.3.2. Preguntas auxiliares**

- ¿Cómo asignar los recursos al plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria?
- ¿Cómo definir los tiempos de paros necesarios para mantener a la maquinaria en óptimas condiciones?
- ¿Cómo involucrar a todo el personal de los diferentes departamentos en la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo a la maquinaria?

### **3.4. Delimitación del problema**

La empresa cuenta con servicios de alimentación a entidades gubernamentales y empresas privadas que laboran las veinticuatro horas del día, estos servicios son surtidos a través de la producción de alimentos en un área de la empresa llamada Industrial, encargada de producir la mayor demanda de solicitudes programadas y emergentes, así mismo es la que cuenta con una mayor cantidad de reportes diarios de fallas en las partes de la



maquinaria debido a la alta demanda de producción de alimentos. Estos equipos están constituidos principalmente por estufas industriales de 4 hornillas con capacidad de 90,000 BTU, hornos industriales de 10 bandejas que alcanzan una temperatura máxima de 200 °C, batidoras industriales, amasadoras industriales, licuadoras industriales, mezcladoras, peladoras de papas, picadoras y rebanadoras de verduras. Estos equipos forman parte del plan inicial del mantenimiento preventivo, el cual servirá como base para la pronta implementación en las dos áreas restantes de la planta central y en las cinco plantas departamentales de la empresa.

## 4. JUSTIFICACIÓN

Al tener un aumento en la cantidad de producción de alimentos procesados en la empresa, se ha tenido la necesidad de que ciertas máquinas sean utilizadas con mayor número de horas de trabajo entre períodos laborales. Esto afecta directamente al tiempo de vida útil de todos los mecanismos y la estructura de los equipos debido a que las partes móviles permanecen en constante sobrecarga de esfuerzo. A consecuencia de ello se tiene reporte de daños constantes en las partes de las máquinas que obligan a detener parcial o totalmente la producción de los alimentos.

La detección a tiempo de estas fallas en las máquinas permite realizar el cambio anticipado de las partes que pudieran fallar en los períodos altos de producción. Esto permitiría que la programación de producción no se vea afectada por este factor, aumentando la productividad para el Departamento de Producción y adicional, aumentaría el tiempo de vida útil de la máquina maximizando su desempeño y reduciendo costos en la compra de equipos nuevos.

Basados en ello, la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo a las máquinas aumentaría la disponibilidad y la confiabilidad de las mismas, viéndose reflejada en el aumento de la productividad de la producción y la calidad de alimentos de la empresa. Así mismo beneficiará en los costos de mantenimiento y aumentará la productividad del personal de mantenimiento técnico debido a que se tendrá un mejor control en los tiempos de respuesta anticipada de las fallas de los equipos.



## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Aumentar la productividad en la producción a través de la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo en la maquinaria.

### **5.2. Específicos**

- Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria que permita eliminar los paros de emergencia por desperfectos.
- Definir los tiempos de paros necesarios en la producción para realizar los mantenimientos preventivos a la maquinaria.
- Definir los procedimientos correctos de utilización de los equipos para optimizar el desempeño de la maquinaria.



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

La necesidad principal a solucionar son las fallas continuas de la maquinaria que provocan paros no programados y afectan directamente la producción de los alimentos generando una baja productividad y la posibilidad inminente de una contaminación directa.

Cada mala ejecución en el proceso de limpieza de parte de los operadores y la mala programación de revisiones generales y específicas de parte del departamento técnico, provocan fallas continuas y afectan directamente el proceso de producción. Aunado a ello las partes móviles de la maquinaria, al no tener un ajuste continuo y requerido, aumentan la posibilidad de que caigan en el producto y contaminan directamente el producto procesado.

Para garantizar una alta productividad en la producción a través de la confiabilidad y disponibilidad de la maquinaria, la elaboración del plan de mantenimiento preventivo tiene como base fundamental el desarrollo de tareas a ejecutar en períodos basado en los indicadores que determinan la periodicidad de las revisiones visuales y el cambio de los componentes según el tiempo de vida, las horas de trabajo y la recomendación de los fabricantes, así mismo permitirá reducir los costos de daños profundos maximizando la efectividad de cada equipo. Para lograr este objetivo se describen a continuación las fases a seguir para lograr un cumplimiento óptimo en el plan de mantenimiento preventivo a la maquinaria.

- Fase 1: revisión documental y bibliográfica de una correcta implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar

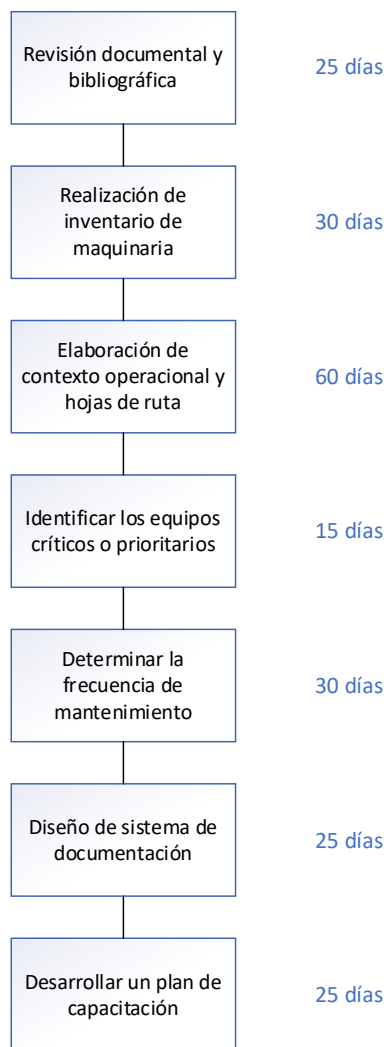
la productividad, para la elaboración del marco teórico. Tiempo estipulado de 25 días para su realización.

- Fase 2: inventario completo de todos los equipos, ubicación y detalles técnicos para su correcta evaluación, con un tiempo estipulado 30 días para su realización.
- Fase 3: elaboración del contexto operacional y hojas de ruta para cada grupo de equipos de las mismas características, con la finalidad de garantizar un control adecuado y estandarizado de las tareas a realizar por el personal técnico. Tiempo estimado para la realización 60 días.
- Fase 4: identificar los equipos críticos. Estos equipos están en la línea de prioridad considerando su grado de utilidad en la línea de proceso, esto tendrá 15 días estimados para su realización.
- Fase 5: determinar la frecuencia de mantenimiento, con base en los indicadores, para cada grupo de equipos. Estará determinado por el grado de prioridad y tipo de frecuencia a realizar. Tiempo estimado para la realización 30 días.
- Fase 6: diseñar un sistema de documentación el cual permita definir el procedimiento adecuado, tras la ejecución del mantenimiento preventivo, para llevar un control correcto en el seguimiento de los hallazgos encontrados y la respectiva corrección en el siguiente mantenimiento preventivo. Tiempo estimado 25 días para su realización.
- Fase 7: desarrollar un plan de capacitación. Tras concluir con las fases anteriores se elaborará la propuesta para la capacitación del personal

involucrado directa e indirectamente con la operación de la maquinaria.  
Tiempo estimado 25 días para su realización.

El tiempo estimado para realizar todas las fases descritas anteriormente será de 210 días.

Figura 1. **Esquema de solución**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.





## **7. MARCO TEÓRICO**

Los factores que influyen en cada uno de los aspectos que permiten el desarrollo de la investigación enfocada en la productividad de la elaboración del plan de mantenimiento preventivo permitirán obtener el correcto análisis de los resultados como a continuación se desarrollan

### **7.1. Industria de producción de alimentos en Guatemala**

Si bien sabemos, los alimentos son todas las sustancias no nocivas que la naturaleza nos proporciona y que nuestro organismo transforma en nutrientes para el beneficio del desarrollo del cuerpo humano.

Antes de consumirlos, los alimentos deben pasar por un procedimiento adecuado, de limpieza y en la mayoría de los casos, por un tipo de cocción que le proporcione las características y condiciones adecuadas para el consumo humano. Para ellos las industrias de producción de alimentos realizan los procesos adecuados de higiene, preparación, cocción y empaque de los alimentos para su correcto consumo.

Para llegar al resultado de obtener un alimento bien empacado y correctamente preparado para el consumo humano, se debe realizar el correcto procedimiento de producción.

### **7.1.1. Limpieza de la materia prima**

Para garantizar la higiene e inocuidad de los alimentos desde el inicio del proceso, la materia prima debe contar con el procedimiento estricto de limpieza y cumplir con la correcta utilización de las proporciones adecuadas de químicos que logren eliminar bacterias, organismos y los tipos de pesticidas que pueden causar serios daños a la salud. Por ello, en las plantas de producción, se cuenta con estaciones de lavado, donde se realizan la limpieza y desinfección previa a realizarse el proceso de preparación de alimentos.

### **7.1.2. Preparación de los alimentos**

Existen una variedad de alimentos que se pueden consumir sin ningún tipo de preparación más que la limpieza correcta de los mismos, tal es el caso de las frutas y los granos. Así mismo, para obtener los valores adecuados de sabor, color, textura, temperatura y la completa eliminación de microorganismos, algunos alimentos necesitan pasar por un proceso de cocción que garantice estas cualidades.

#### **7.1.2.1. Corte de los alimentos**

Para tener una buena apariencia se deben realizar cortes adecuados de los alimentos para que contengan las porciones necesarias para satisfacer el gusto del cliente o las condiciones de dietas especiales que se requieran. Para ello se utilizan herramientas como cuchillos, rebanadores, ralladores, peladores, entre otras, así mismo se emplea maquinaria industrial como licuadoras de 25 L mínimos, cortadores industriales, peladoras industriales y rebanadoras que cumplan con los requerimientos necesarios para satisfacer las altas demandas.

### **7.1.2.2. Cocción de alimentos**

Las temperaturas de cocción varían de acuerdo al tipo de alimento que se está preparando, para Garda (2020) la cocción consiste en el intercambio de calor a los alimentos con la finalidad de cambiar sus propiedades fisicoquímicas, sus características organolépticas y llevarlos a una temperatura mayor a los 70 °C para inactivar o eliminar cualquier microorganismo que pueda afectar la salud humana.

Algunas máquinas que las plantas de producción utilizan para generar este intercambio de calor son:

- Estufas industriales: las cuales, en su mayoría, utilizan alimentación de gas LP como combustible para generar una llama a través de quemadores de hierro negro que están calculadas para proporcionar una llama de acuerdo a la cantidad de producción requerida.
- Marmitas: encargadas de proporcionar calor por convección y conducción a través de un recipiente en el cual está inmerso el alimento, éstas utilizan gas LP como combustible.
- Hornos: existen una variedad de hornos que permiten el intercambio de calor, como por ejemplo los eléctricos, de convección y giratorios. Con el avance de la tecnología, algunos poseen recetas ya definidas respecto a temperatura, nivel de humedad y tiempo de cocción para el tipo de producto que se desea hornear.

### **7.1.3. Empaque de alimentos**

El empaque representa no solamente la presentación agradable del alimento, si no también constituye una capa protectora de la contaminación y la prolongación del tiempo de vida de los alimentos si se le proporciona una atmósfera controlada.

Para tener un empaque hermético, y de buena protección contra la contaminación se utilizan máquinas selladoras manuales y de pedal que facilitan el trabajo.

Para obtener una atmósfera controlada dentro del empaque del alimento o también conocido como envasado en atmósfera modificada (MAP) se cuenta con gases como el oxígeno (O), nitrógeno (N) y mezclas como por ejemplo nitrógeno al 70 % y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) al 30 %. Estos elementos son introducidos a través de máquinas que extraen el aire dentro de los empaques y luego introducen el gas de acuerdo con las recetas preestablecidas. Algunos de los ejemplos de este tipo de máquinas son las empacadoras al vacío y máquinas de mayor capacidad como termoformadoras.

Además de los anteriores procedimientos, uno de los factores que prolongan la vida de un alimento empaquetado es el ambiente frío, para ello se debe almacenar en cámaras refrigeradas o cuartos fríos que ayuden a preservar por más tiempo los alimentos.

## **7.2. Productividad**

Para tener una buena rentabilidad en la elaboración de alimentos se debe contar con una buena productividad en la producción. Para Lopez (2012)

la productividad representa la rapidez con la que se transforma la energía en recursos, esto lo designa como el resultado de la cantidad de producción obtenida con base al menor tiempo invertido para realizarlo, como por ejemplo los kilos por hora, los litros por hora o los servicios por hora, mientras más se produce en un período de tiempo menor, mayor será la productividad.

La productividad se ve afectada por la deficiencia de varios factores, tanto del personal, como de la maquinaria si ésta no cumple con las funciones para las cuales fueron adquiridas.

### **7.3. La productividad del mantenimiento**

Luego de tener un diagnóstico de la evaluación a través de un diagrama de Ishikawa, Peralta (2019) determinó que los factores como la falta de estandarización de proceso adecuados, falta de control de mantenimiento a los equipos, falta de motivación y capacitación del personal, permitían una baja productividad en la empresa, por lo cual procedió a realizar un inventario de los equipos, codificar cada uno de los mismo, a verificar cada ficha técnica y a contabilizar los repuestos que comúnmente presentaban fallas. La recolección de esta información le permitió implementar un programa de mantenimiento con base en órdenes de trabajo lo cual, tras evaluar sus análisis, permitió un aumento de eficiencia de los equipos de un promedio del 67 % a un 79 %, obteniendo así un incremento del 12 % tras la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

Para Chuquimbalqui (2018) la productividad en el área está basada en la mejora del tiempo de entrega de los procesos a través de la durabilidad y disponibilidad de los equipos, ya que esto se ve reflejado en la calidad del

producto fabricado a través de la obtención de un balance adecuado al no hacer gastos innecesarios en la producción.

Para obtener una buena productividad en el desempeño de los equipos se debe contar con una correcta metodología de resguardo y conservación de estos, con ello se evitará desgaste o daños anticipadamente al tiempo de vida útil que determina el fabricante.

#### **7.4. Mantenimiento**

Para mejorar las condiciones de un equipo es necesario contar con recursos disponibles que permitan generar una rentabilidad con base en la relación de costo y beneficio. Esto se logra con la correcta limpieza, el cuidado adecuado, la utilidad correcta para el cual fue diseñado y demás factores que permiten prolongar la vida de los mecanismos y así obtener mayores beneficios.

El mantenimiento a través de los años ha ido desarrollándose y complementándose según las necesidades que la industria, edificios, aerolíneas, entre otras, han ido requiriendo como lo clasifica Moubray (1997) quien divide el desarrollo del mantenimiento a través de los años en tres generaciones de fallas que permiten obtener como idea primordial la necesidad inminente de que las fallas técnicas podían y debían ser prevenidas a través del reacondicionamiento de las partes en lapsos fijos para lograr sustentar su funcionamiento.

Según establece Vega (2017) el mantenimiento permite la recuperación o prolongación de la vida útil de las máquinas, con el cual permite obtener y desarrollar nuevas metodologías de mejora. El mantenimiento está constituido de diversos factores los cuales permiten un enfoque importante y determinante

representado básicamente si se realiza antes o después de presentada una falla en el equipo.

#### **7.4.1. Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo constituye la necesidad de realizar las reparaciones luego de que la falla en los equipos haya sucedido sin previa información del riesgo inminente.

Para Ramos (2017), destaca que el mantenimiento correctivo constituye la intervención al equipo hasta el momento en el que un equipo presente una falla sin tomar en cuenta algún tipo de previo aviso.

Así mismo Rey (2021) detalla que el mantenimiento correctivo es provocado por averías imprevistas que no son detectadas en inspecciones rutinarias, o bien, que pueden ser provocadas por negligencia o falta de preparación por los mismos operarios de los equipos provocando un mantenimiento de emergencia que difícilmente puede ser planificada.

Estos conceptos se amplían al describir que pueden tener una subdivisión ya que se puede intervenir inmediatamente al reportarse la falla o puede programarse el cambio de una parte específica, estableciéndose como un mantenimiento correctivo previamente programada.

#### **7.4.2. Mantenimiento preventivo**

El desempeño óptimo de un equipo es controlar previamente el funcionamiento de los mecanismos como lo menciona Suárez (2018) en el que constituye al mantenimiento preventivo como una revisión e inspección



periódica programada a los equipos de la empresa. Así mismo estas revisiones están constituidas por tareas planeadas con anterioridad con base al tiempo, condiciones y uso del equipo.

La ausencia de un control de mantenimiento preventivo puede provocar serios daños a la productividad de una empresa, como lo mencionan Ruiz y Torrejón (2020) que la falta de un plan de mantenimiento preventivo provoca en su empresa de generación de carbón, una reducción de cantidad de producción planificada debido a factores como la falta de medición de la disponibilidad de equipos, la ausencia de un registro de averías mensualmente, contaminación por suciedad y polvo, carbón húmedo y sobre todo la aplicación de un mantenimiento erróneo e inadecuado para los equipos.

#### **7.4.2.1. Ventajas del mantenimiento preventivo**

La implementación de un correcto plan de mantenimiento preventivo proporciona ventajas desde los costos directos de reparación como al entorno que rodea el equipo, para Valdivieso (2010) estas ventajas van relacionadas con la seguridad industrial del personal, la prolongación de la vida útil del equipo, la reducción de costes en los inventarios, la carga laboral en el personal técnico de mantenimiento ya que se tiene un control más adecuado y planificado, así mismo como la aplicabilidad a las instalaciones y demás.

De la misma manera Toro (2009), menciona que las ventajas de un mantenimiento preventivo constituyen mejoras en la empresa como la reducción de horas extras del personal técnico y por ende una reducción de costos, un aumento de la calidad y productividad en la producción y una visible mejora en la conservación de los equipos.

#### **7.4.2.2. Indicadores del mantenimiento preventivo**

Para evaluar los resultados obtenidos tras la implementación del plan de mantenimiento preventivo, existen valores que determinan el alcance de los objetivos y metas trazadas, en su tesis Rivas (2019) describe al tiempo medio entre fallas (MTBF), tiempo medio de reparación (MTTR), Tiempo medio para la falla y la disponibilidad de equipos como los cuatro indicadores principales para obtener una medición adecuada de los objetivos trazados.

La necesidad de medir cada uno de los factores que influyen directamente en la reparación de los equipos, Azoy (2014) determina que uno de los indicadores importantes es el tiempo de eliminación de las fallas o por acciones de mantenimiento programado, el cuál determina el tiempo invertido para la reparación de las fallas o la ejecución de las actividades programadas.

Para Quisiguiña, Arteaga y Rodriguez (2021) mencionan que los indicadores CDM (confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad), son determinantes y cruciales para mejorar la rentabilidad, la seguridad y valores en el rendimiento medioambiental, los cuales permiten una mejor disponibilidad de los equipos.

#### **7.5. ¿Qué es un plan de mantenimiento preventivo?**

Un plan de mantenimiento preventivo representa la correcta ejecución de tareas preventivas establecidas en una planificación que garantiza el cumplimiento de la función principal de una máquina.

La finalidad de realizar estas tareas con una frecuencia programada, es la de permitir la restauración de las partes de la máquina, así lo establece

Espinosa (2014) quien determina que las funciones que conforman un plan previamente elaborado, constituyen una reparación de la capacidad de trabajo en los equipos a través del cambio de mecanismos dañados o reparación de los mismos antes de que generen un daño irreparable que la deshabilitará parcial o totalmente afectando directamente la producción.

#### **7.5.1. Proceso de implementación de un plan de mantenimiento preventivo**

Para obtener resultados satisfactorios en el proceso de implementación de un plan de mantenimiento preventivo (PMP) es necesario tomar en cuenta las demás áreas que complementan el proceso de producción. Esto se debe a que cada punto que forme parte del proceso es necesario para aportar sobre el conocimiento de los diferentes mecanismos de cada una de las maquinarias.

Así lo menciona Rey (2014) el cual recomienda conformar un equipo que estará constituido por un representante del personal operario de la maquinaria, un profesional del mantenimiento y un técnico del área de producción y mantenimiento, esto con la finalidad de optimizar y estudiar lo referente al PMP. Para ello la implementación estará constituido de una serie de pasos que determinarán las posibles causas de fallas que puedan surgir y así poder construir una secuencia lógica de análisis y posibles soluciones para el buen funcionamiento de la maquinaria. Estos pasos están establecidos por etapas que describirán la presencia de las causas de fallas y el procedimiento correcto para la creación de las órdenes de trabajo adecuadas para la solución anticipada de estas fallas.

#### **7.5.1.1. Etapa 1: análisis de la función principal de la maquinaria**

Esta etapa permite establecer la función principal para la cual está fabricada la maquinaria y su función en la línea de proceso, así mismo detalla cada aspecto que podría determinar las posibles causas de falla y sus averías a resolver. Es determinante establecer a detalle el contexto operacional del equipo, la descripción de cada una de sus partes y los puntos críticos o más vulnerables que podrían impedir su función principal.

#### **7.5.1.2. Etapa 2: determinación de causas de falla en los equipos**

En esta etapa se debe determinar cada una de las posibles causas que puedan provocar un tipo de falla en la máquina. Con el conocimiento de cada uno de los participantes se podrá determinar las fallas más frecuentes en cada una de las máquinas y así determinar y enumerar las posibles causas que puedan provocar estas fallas.

#### **7.5.1.3. Etapa 3: clasificación y jerarquización de las causas de fallas de los equipos**

Cada uno de los participantes del equipo de estudio para la implementación del PMP podrá determinar, a través de votación, el grado de prioridad de cada uno de las fallas encontradas, y así poder realizar un listado en orden jerárquico de las causas de fallas más principales para su pronta solución a través de las órdenes de trabajo. Se puede otorgar un nivel de prioridad a cada equipo en la línea de proceso y a partir de ello establecer el orden jerárquico tanto de la máquina como de sus causas de falla.

#### **7.5.1.4. Etapa 4: creación de órdenes de trabajo y determinación de la frecuencia del mantenimiento**

Las órdenes de trabajo describen las tareas a realizar a la maquinaria por el equipo técnico de mantenimiento. Estas órdenes de trabajo estarán sujetas directamente a las causas de fallas más frecuentes y enlistarán cada una de las tareas establecidas por la descripción de cada uno de los componentes de la maquinaria. Cada orden de trabajo no solamente establece las tareas a realizar, también permite la anotación de las observaciones que los técnicos en mantenimiento pueden detectar al realizar la revisión del equipo para un mejoramiento a futuro de la máquina, así mismo detalla los insumos necesarios a utilizar en cada revisión y el equipo de protección personal (EPP) para la buena ejecución del mantenimiento.

La frecuencia de la realización del mantenimiento preventivo estará determinada por los indicadores como el tiempo medio entre fallas, el cual nos da un criterio de la frecuencia con la que se producen las fallas y así poder anticiparnos en la solución de la corrección o cambio del componente.

## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

2. MARCO TEÓRICO

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Análisis del proceso

3.1.1. Diagnóstico productivo de la elaboración de alimentos

3.1.1.1. Descripción del proceso de producción

3.1.1.1.1. Lavado de la materia prima

3.1.1.1.2. Preparación de las porciones

3.1.1.1.3. Cocción de los alimentos

3.1.1.1.4. Empaque de los alimentos

- 3.2. Recopilación y descripción de la maquinaria
  - 3.2.1. Levantamiento de inventario de máquinas
  - 3.2.2. Recopilación de datos técnicos de las máquinas
- 3.3. Elaboración del contexto operacional de las máquinas
  - 3.3.1. Descripción de la función principal de la máquina
  - 3.3.2. Causas de falla de la función principal de la máquina
- 3.4. Elaboración de hojas de ruta de las máquinas
  - 3.4.1. Descripción de las tareas de mantenimiento a realizar
  - 3.4.2. Equipo de protección personal e insumos a utilizar
  - 3.4.3. Frecuencia de realización del mantenimiento
  
- 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
  - 4.1. Descripción de la productividad en la producción
    - 4.1.1. Tabla de productividad de la maquinaria según disponibilidad
  - 4.2. Diagrama de flujo del proceso
    - 4.2.1. Ubicación física de la maquinaria en la línea de proceso
  - 4.3. Desarrollo del plan de mantenimiento preventivo
    - 4.3.1. Frecuencia de mantenimiento
    - 4.3.2. Control de diagnóstico
    - 4.3.3. Acciones correctivas
    - 4.3.4. Sistema de documentación y registro
  - 4.4. Programa de capacitaciones
  
- 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

## CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES  
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS  
ANEXOS





## **9. METODOLOGÍA**

Para el correcto desarrollo de esta investigación se presenta desde su fase de investigación hasta su fase de desarrollo.

### **9.1. Características del estudio**

El estudio contará con las siguientes características:

#### **9.1.1. Enfoque de Investigación**

El enfoque estará constituido desde el punto de vista cualitativo al momento de describir las variables no numéricas, esto se refiere a la verificación de la documentación y la observación de los procesos para el desarrollo de la investigación. Así mismo el enfoque cuantitativo se verá reflejado en la diseño del plan de mantenimiento preventivo a través de la recopilación de datos que servirán para establecer los requerimientos necesarios para el correcto diseño.

#### **9.1.2. Alcance**

Este estudio tendrá un alcance del tipo explicativo. Esto es debido a que se determinarán los factores que contribuyen o actúen como causa de las fallas de la maquinaria que provocan la baja productividad en la producción y permitirán encontrar las soluciones adecuadas para solventar los paros de emergencia y garantizar la inocuidad de los alimentos respecto a los

mecanismos de cada una de las máquinas utilizadas en el proceso de producción de alimentos.

### **9.1.3. Diseño de la investigación**

El diseño para el desarrollo de la investigación será del tipo no experimental, ya que no existirá una manipulación de las variables para lograr determinar las causas a través de la observación participativa y por ende utilizada para la estructuración del plan de mantenimiento preventivo.

### **9.1.4. Unidad de análisis**

La unidad de análisis corresponde a toda la maquinaria que constituye la línea de proceso para la fabricación de alimentos, las cuales plantean las causas principales de falla y las etapas de mejora para la correcta disponibilidad y confiabilidad.

### **9.1.5. Variables**

Las principales variables se describen a continuación:

Tabla I. **Unidad de análisis**

<b>Nombre de la Variable</b>	<b>Definición teórica</b>	<b>Definición operativa</b>	<b>Indicador</b>
Causa de falla	Razón determinante que provoca una falla en los mecanismos de cualquier máquina	Daño que provoca un paro de emergencia en la maquinaria	Tiempo medio entre falla

Continuación de la tabla I.

Tiempos promedio de producción	Establece la medida adecuada de producción para satisfacer la demanda	Cantidad de producción establecida en un tiempo determinado	Cumplimiento de los tiempos establecidos de producción
Cumplimiento de la función principal de la máquina	La función principal de una máquina es la que establece el fabricante para el cuál fue diseñado	Utilización y ubicación correcta y adecuada en la línea de proceso de producción	Cumplimiento de la producción requerida
Cumplimiento del Plan de Mantenimiento Preventivo	Realización de los procedimientos necesarios, en los tiempos determinados antes de que se presente una falla	Reparación o cambio de mecanismos antes de que la maquinaria no cumpla con su función principal	Tiempo medio entre reparación
Aplicación adecuada de los procedimientos de prevención de uso y limpieza de las máquinas	Establece los procedimientos correctos de un buen uso de la máquina y su correcta limpieza	Correcta ejecución del procedimiento de uso y limpieza de la máquina de parte del personal de producción y limpieza	Control de verificación de cumplimiento de procedimientos

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

## 9.2. Fases de estudio

La problemática planteada en esta investigación describe a continuación la metodología propuesta consistente en siete fases las cuales permitirán cumplir con los objetivos de la investigación.

### **9.2.1. Fase 1: revisión documental y bibliográfica**

Es importante contar con la correcta documentación que permita argumentar verazmente la investigación a través de fichas bibliográficas del correcto diseño de un adecuado plan de mantenimiento preventivo a la maquinaria que permita aumentar la productividad en la producción de alimentos.

Cada uno de los documentos consultados dará un soporte crítico a la investigación y serán determinantes para obtener los mejores conceptos y resultados para un correcto diseño y desarrollo de la investigación con la finalidad de resolver la problemática planteada.

### **9.2.2. Fase 2: levantamiento del inventario de la maquinaria**

Para lograr maximizar la efectividad de la ejecución del PMP, se debe de contar con el inventario completo de cada una de las máquinas que componen el área industrial de la planta. Para ello es necesario contar con la descripción de los datos técnicos de cada equipo, datos como: codificación, tipo de alimentación eléctrica, capacidad de carga, temperatura de funcionamiento, entre otras características que permitan obtener información del uso correcto para obtener el mejor desempeño del mismo.

Estas características deberán ser recolectadas a través de las fichas técnicas establecidas por los fabricantes, manuales de funcionamiento proporcionados por los fabricantes o a través de un estudio técnico que logre determinar las funciones principales de los equipos.

### **9.2.3. Fase 3: elaboración del contexto operacional y las hojas de ruta de los equipos**

El contexto operacional establece la descripción de cada grupo de equipos que pertenecen a la línea de proceso, éste posee la información a detalle de la función principal del equipo, los datos técnicos, la descripción de cada una de las partes y la función de cada mecanismo para el buen desempeño del mismo. El contexto operacional de los grupos de equipos permite obtener información a la mano con el cuál se puede ir extrayendo datos que determinen las posibles causas de falla en cada uno de los mecanismos descritos.

Las hojas de ruta son hojas que describen las tareas de mantenimiento para cada grupo de máquinas, a partir de estas hojas se genera la orden de trabajo que contiene en orden de lista cada una de las actividades que el personal técnico en mantenimiento deberá ejecutar según la frecuencia establecida por los indicadores.

### **9.2.4. Fase 4: identificar los equipos críticos**

Al obtener el inventario completo de los equipos utilizados en el área industrial, se debe identificar los equipos que posean una alta demanda en utilidad, completa de disponibilidad y que el no tenerlos a disposición generaría una falla grave en la línea de proceso, esto con la finalidad de otorgarles una prioridad alta en el plan de mantenimiento preventivo ya que estos demandaran un mayor presupuesto y una frecuencia de mantenimiento mucho más precisa.

### **9.2.5. Fase 5: determinar la frecuencia de mantenimiento**

La frecuencia de mantenimiento inicialmente estará determinada por los indicadores como tiempo medio entre fallas, tiempo medio de reparación, disponibilidad y confiabilidad, sin embargo, otro de los factores importantes para esta determinación será la correcta coordinación con el Departamento de Producción de la Planta.

Cada equipo debe contar con el estudio técnico que permita realizar estas mediciones y serán designados según el grado de prioridad dependiendo de la evaluación del nivel crítico en la línea de proceso que posean.

### **9.2.6. Fase 6: diseño de un sistema de documentación para registrar los hallazgos**

Luego de realizar el mantenimiento preventivo a la maquinaria por el equipo técnico, a través de las hojas de rutas establecidas y orden de trabajo, el técnico debe anotar las observaciones correspondientes de los hallazgos encontrados tras realizar las tareas descritas. Estas anotaciones deberán ser evaluadas por el supervisor de mantenimiento y determinar el tipo de seguimiento que deberá proceder, para ello se debe contar con un sistema de documentación que permita la facilidad de evaluar y tomar acciones para llegar a una pronta solución para dar por finalizada la orden de trabajo.

### **9.2.7. Fase 7: desarrollar un plan de capacitación**

Para la correcta ejecución del PMP a la maquinaria, se debe contar con que cada personal involucrado cuente con los conocimientos correctos de utilidad, limpieza y manejo adecuado de la maquinaria. Para ello, el plan de

capacitación debe contar con los pasos correctos para la limpieza y manipulación de cualquier función de la maquinaria de parte de los operadores y personal involucrado en general.

Por esta razón, el plan de capacitación deberá estar enfocado principalmente al personal de producción y al equipo encargado de limpieza de la Planta, ya que ellos están en constante interacción con la maquinaria.





## **10. TÈCNICAS DE ANÀLISIS DE LA INFORMACIÒN**

Para que el plan de mantenimiento preventivo sea efectivo y cumpla con los objetivos establecidos se detallan a continuación las técnicas que permitan la recopilación y cuantificación de los datos técnicos que permitan aumentar la productividad de la producción.

Para ello se visitará la planta de producción para realizar el levantamiento del inventario general del área conocida como industrial, el cual se utilizará para obtener valores técnicos como tipo de alimentación eléctrica, consumo eléctrico, capacidad, temperatura de trabajo y función principal en el proceso.

Tras delimitar la cantidad exacta de equipos utilizados en el área, se obtendrá la documentación de cada una de ellas y se investigará sobre los mecanismos a detalle para poder determinar el contexto operacional y de esta manera realizar las hojas de ruta de cada uno de ellos.

Luego de conocer la funcionalidad de cada equipo y la ubicación en las líneas de proceso, se determinará el grado de criticidad individualmente, esto con la finalidad de obtener información sobre los equipos más usados y determinar a través de los indicadores de mantenimiento la frecuencia correcta de mantenimiento preventivo para cada uno de ellos.

Tras obtener toda la información mencionada se elaborará un formato en el cual se detallará la frecuencia de mantenimiento de cada equipo, el personal a cargo, el cumplimiento de las tareas y el seguimiento de los hallazgos

encontrados. También se describirá el rendimiento y la disponibilidad de cada una de las máquinas.

## 11. CRONOGRAMA

Tabla II. Cronograma de investigación

	Nombre de tarea	Duración	022														
			Semestre 1, 2023						Semestre 2, 2023								
			O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	
1	Aprobación del Protocolo	25 días	■														
2	Ejecución de la Investigación	135 días		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	Fase 1: Revisión documental	25 días		■	■												
4	Fase 2: Levantamiento de inventario de maquinaria	20 días			■	■											
5	Fase 3: Elaboración de contexto operacional y hojas de ruta	25 días				■	■	■									
6	Fase 4: Identificación de maquinaria critica	10 días					■	■									
7	Fase 5: Determinar la frecuencia de mantenimiento	15 días						■	■	■							
8	Fase 6: Diseño de sistema de documentación	15 días							■	■	■						
9	Fase 7: Desarrollar un plan de capacitación	25 días								■	■	■	■	■	■		
10	Elaboración del informe final	60 días									■	■	■	■	■	■	■
11	Redacción de presentación de resultados	20 días									■	■	■				
12	Redacción de discusión de resultados	20 días										■	■	■			
13	Redacción de conclusiones	20 días											■	■	■		
14	Aprobación del informe final	60 días												■	■	■	■
15	Aprobación del Asesor	15 días													■	■	■
16	Aprobación del coordinador	15 días														■	■
17	Aprobación del revisor	15 días															■
18	Aprobación de la Escuela de Postgrado de Ingeniería	15 días															■

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Project.



## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

### 12.1. Presupuesto

Para que el desarrollo de la investigación cumpla con los objetivos planteados será necesario contar con el siguiente presupuesto.

Tabla III. **Presupuesto**

	<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costos (Q)</b>	<b>Fuente de financiamiento</b>
Recurso Humano	Asesor	1	Q. 2,500.00	Investigador
	Investigador	1	Q. 0.00	Investigador
	Personal técnico y operativo de la empresa	8	Q. 0.00	Empresa
Recursos materiales	Insumos de oficina (impresiones, lapiceros, entre otros).	varios	Q. 500.00	Investigador
Recursos físicos	Combustible para transporte	1	Q. 500.00	Investigador
Recursos tecnológicos	Computadora	1	Q. 0.00	Investigador
	Internet	1	Q. 250.00	Investigador

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

El presupuesto será cubierto en su totalidad por el investigador, siendo este un total de Q. 3,750.00



### 13. REFERENCIAS

1. Alban, N. (2017). *Implmentación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad de las maquinarias en la empresa Construcciones Reyes S.R.L. para incrementar la productividad* (Tesis de licenciatura). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú. Recuperado de [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/798/3/TL\\_AlbanSalazarNery.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/798/3/TL_AlbanSalazarNery.pdf).
2. Azoy, A. (octubre, 2014). Método para el cálculo de indicadores de mantenimiento. *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(4), 45-49. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/5862/586262042008.pdf>.
3. Caro, J. y Rubio, L. (2019). *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para reducir los costos operativos de un club de esparcimiento* (Tesis de licenciatura). Universidad Ricardo Palma, Perú. Recuperado de [http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2693/IND\\_T030\\_75549338\\_T%20%20%20RUBIO%20CHAVEZ%20LESLIE%20LIZETH.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2693/IND_T030_75549338_T%20%20%20RUBIO%20CHAVEZ%20LESLIE%20LIZETH.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
4. Chuquimbalqui, E. (2018). *Propuesta de mejora de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad del área de producción en la empresa Metalmecánica S.A., Lima 2018* (Tesis de licenciatura). Universidad César Vallejo, Perú.



Recuperado de  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31032/Chuquimbalqui\\_FE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31032/Chuquimbalqui_FE.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

5. Días, C. (2017). *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad de la planta número 1 de la empresa Corporación REX, S.A* (Tesis de licenciatura). Universidad César Vallejo, Perú. Recuperado de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/13281/D%c3%adaz\\_PCE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/13281/D%c3%adaz_PCE.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
6. Espinosa, L. (2014). *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo planificado mediante software en el taller del municipio del Cantón Otavalo* (Tesis de licenciatura). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4187/1/25T00239.pdf>.
7. Garda, M. (2020). *Técnicas del manejo de los alimentos*. Argentina: Editorial Universitaria de Buenos Aires.
8. Lopez, J. (2012). *Productividad*. Estados Unidos de América: Palibrio.
9. Moubrey, J. (1997). *Mantenimiento centrado en la confiabilidad*. Wrightsville Beach, Estados Unidos: Industrial Press.
10. Peralta, G. (2019). *Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad de la empresa metalmecánica AR&ML constructores E.I.R.L., San Juan de Loriguancho, 2019* (Tesis de

maestría). Universidad Nacional del Callao, Perú. Recuperado de [http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/4583/PERALTA\\_FIME\\_MAESTRIA\\_2019.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/4583/PERALTA_FIME_MAESTRIA_2019.pdf?sequence=4&isAllowed=y).

11. Quiroz, E. y Ramirez, D. (2020). *Aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en el área de producción de la empresa metalmecánica ROKY S.R.L, San Martín de Porres, 2020* (Tesis de licenciatura). Universidad César Vallejo, Perú. Recuperado de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/63121/1/Quiroz\\_DEF-Ramirez\\_CDF-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/63121/1/Quiroz_DEF-Ramirez_CDF-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
12. Quisiguiña, L. Arteaga, Á. y Rodríguez, P. (abril, 2021). Determinación de indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad. *Revista Cubana de Ingeniería*, 12(2),1-12.
13. Ramos, J. (2017). *Aumento de la disponibilidad mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo a las maquinarias de la empresa Atlanta Metal Dril S.A.C* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Trujillo, Perú. Recuperado de <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10142/Ramos%20Sparrow%2c%20Julio%20Oswaldo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
14. Rey, F. (2001). *Manual del mantenimiento integral en la empresa*. Madrid, España: FC Editorial.

15. Rey, F. (diciembre, 2014). Elaboración y optimización de un Plan de Mantenimiento Preventivo. *Técnica Industrial*, 308, 30-41. Recuperado de <https://www.tecnicaindustrial.es/wp-content/uploads/Numeros/98/3064/a3064.pdf>.
16. Rivas, E. (2019). *Plan de mantenimiento preventivo del equipo de bajo perfil Scooptran R1300G para mantener la disponibilidad en la empresa Aesa, S.A* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú. Recuperado de [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5847/T010\\_45985101\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5847/T010_45985101_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
17. Ruiz, A. y Torrejón, M. (2020). *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la productividad en el área de producción en la empresa CARBOIN S.A.C., 2020* (Tesis de licenciatura). Universidad César Vallejo, Perú. Recuperado de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/81065/Ruiz\\_MAA\\_Torrejon\\_LMD-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/81065/Ruiz_MAA_Torrejon_LMD-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
18. Simón, E. (2017). *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en la empresa metalmecánica EMECA SAC, COMAS-diciembre 2017* (Tesis de licenciatura). Universidad César Vallejo, Perú. Recuperado de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/12577/Simon\\_VEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/12577/Simon_VEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
19. Suárez, L. (2018). *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la rentabilidad de la empresa de transportes y turismo EMICER E.I.R.L* (Tesis de licenciatura).

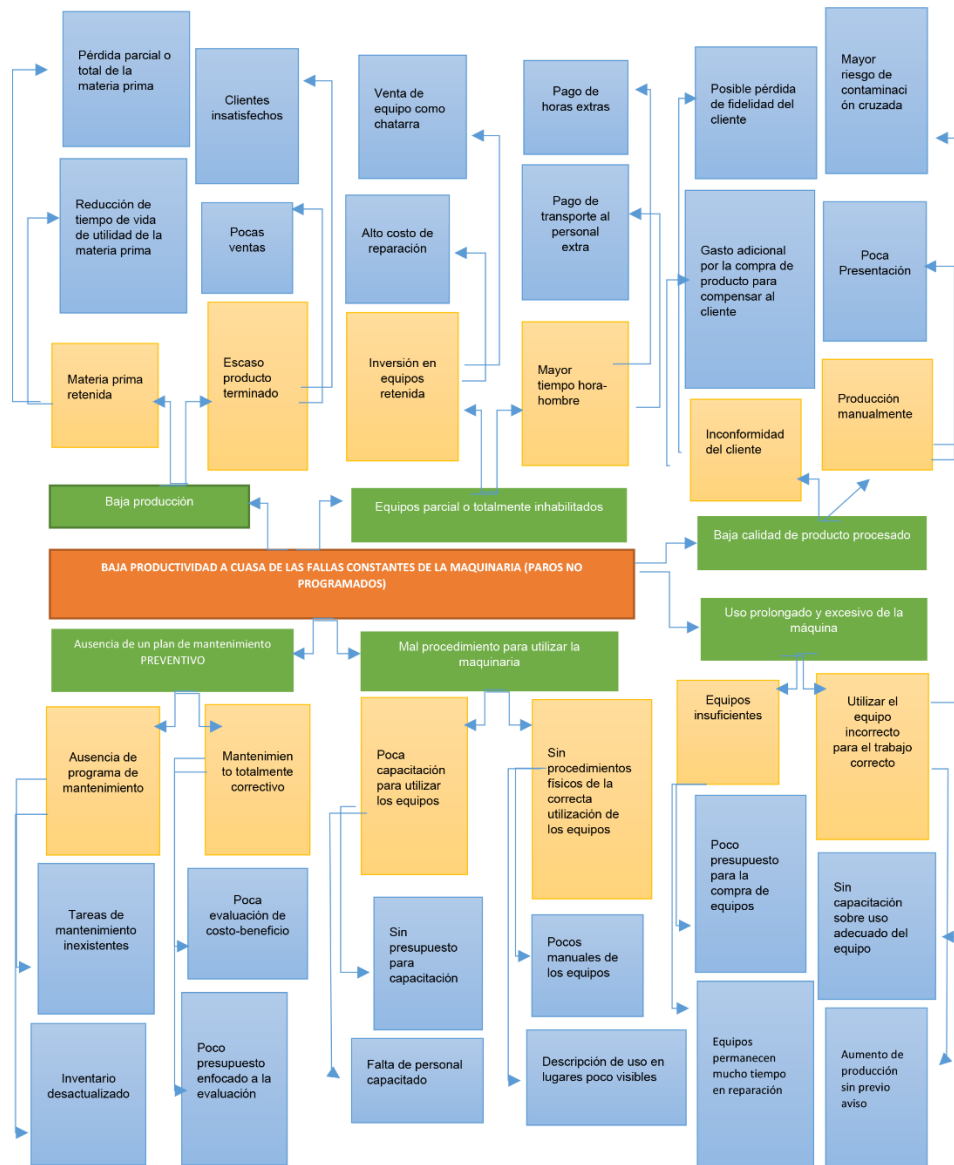
Universidad César Vallejo, Perú. Recuperado de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/25287/suarez\\_gl.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/25287/suarez_gl.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

20. Toro, A. (2009). *Elaboración del manual del mantenimiento preventivo para una máquina empacadora vertical ET-02* (Tesis de licenciatura). Universidad EAFIT, Colombia. Recuperado de [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/4391/Alejandro\\_ToroLondo%F1o\\_2009.pdf?sequence=4](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/4391/Alejandro_ToroLondo%F1o_2009.pdf?sequence=4)
21. Valdivieso, J. (2010). *Diseño de un pla demantenimiento preventivo para la empresa EXTRUPLAS S.A* (Tesis de licenciatura). Universidad Politecnica Salesiana, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/831/12/UPS-CT001680.pdf>.
22. Vega, A. (2017). *Implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria en la empresa Grúas América S.A.C.* (Tesis de licenciatura). Universidad César Vallejo, Perú. Recuperado de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/1978/Vega\\_AAM.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/1978/Vega_AAM.pdf?sequence=1&isAllowed=y).



# 14. APÉNDICES

## Apéndice 1. Árbol de problemas



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

## Apéndice 2. Matriz de coherencia

Preguntas de investigación	Objetivos	Variables	Indicadores	Técnicas e instrumentos	Metodología
¿Cómo aumentar la productividad en la producción de alimentos a través de un plan de mantenimiento preventivo?	Aumentar la productividad en la producción a través de la implementación de un plan de mantenimiento Preventivo en la maquinaria.	Cantidad de producción por turno laboral.	Descripción del cumplimiento de las metas establecidas.	Revisión documental	Revisión documental de la cantidad de producción establecida en los períodos de tiempo determinados
¿Cómo asignar los recursos al plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria?	Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria que permita eliminar los paros de emergencia por desperfectos.	Efectividad de la implementación del plan de mantenimiento preventivo.	Determinación de los Tiempos Entre Fallas de los equipos.	Determinación de los valores obtenidos en la evaluación de los indicadores MTBF	Determinación de los tiempos promedios de mantenimiento entre las fallas
¿Cómo definir los tiempos de paros necesarios para mantener a la maquinaria en óptimas condiciones?	Definir los tiempos de paros necesarios en la producción para realizar los mantenimientos preventivos a la maquinaria.	Tiempos promedio de producción.	Determinación del Tiempo Medio de Reparación de los equipos.	Determinación de los valores obtenidos en la evaluación de los indicadores MTTR	Seguimiento de optimización de tiempo promedio de reparación de la maquinaria
¿Cómo involucrar a todo el personal de los diferentes departamentos en la implementación de un plan de mantenimiento preventivo a la maquinaria?	Definir los procedimientos correctos de utilización de los equipos para optimizar el desempeño de la maquinaria.	Efectividad de los procedimientos correctos para utilizar las máquinas.	Descripción del cumplimiento de los procedimientos correctos para utilizar las máquinas.	Formatos de cumplimiento de procedimientos establecidos	Capacitación constante al personal involucrado

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.