



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL PLAN DE CONTROL DE PRODUCCIÓN Y
MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE UNA
EMPRESA FABRICANTE DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS**

Juan José Suruy Contreras

Asesorado por el MSc. Ing. Herberth Leonel Cortez Vanegas

Guatemala, marzo de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL PLAN DE CONTROL DE PRODUCCIÓN Y
MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE UNA
EMPRESA FABRICANTE DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JUAN JOSÉ SURUY CONTRERAS

ASESORADO POR EL MSC. ING. HERBERTH LEONEL CORTEZ VANEGAS

AL CONFERIRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, MARZO 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

DECANO	Ing. Roberto Mayorga Rouge
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Basterrechea
EXAMINADOR	Ing. Jorge Salguero
EXAMINADOR	Ing. Daniel Aldana
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

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 UNA INVESTIGACIÓN PARA EL PLAN DE CONTROL DE PRODUCCIÓN Y
MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE UNA
EMPRESA FABRICANTE DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 06 de noviembre de 2022.

Juan José Suruy Contreras



EEPFI-PP-1544-2022

Guatemala, 6 de noviembre de 2022

Director
Gilberto Morales Baiza
Escuela De Ingenieria Mecanica
Presente.

Estimado Ing. Morales

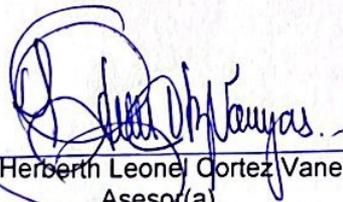
Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **PLAN DE CONTROL DE PRODUCCIÓN Y MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN DE LA LINEA DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA FABRICANTE DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gestión del Mantenimiento - Control de efectividad de mantenimiento basado en indicadores (disponibilidad, tiempo entre fallas, criticidad, tiempo medio entre fallas, entre otros)**, presentado por el estudiante **Juan José Suruy Contreras** carné número , 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 Ingeniería De Mantenimiento.

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.

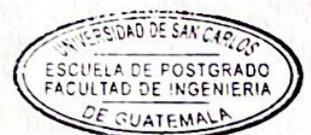
Atentamente,

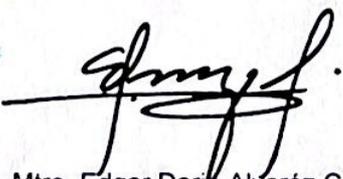
"Id y Enseñad a Todos"


Mtro. Herbert Leonel Cortez Vanegas
Asesor(a)

Herbert Leonel Cortez Vanegas
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 4831


Mtra. Rocio Carolina Medina Galindo
Coordinador(a) de Maestría




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





EEP-EIM-1317-2022

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: **PLAN DE CONTROL DE PRODUCCIÓN Y MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN DE LA LINEA DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA FABRICANTE DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS** , presentado por el estudiante universitario **Juan José Suruy Contreras**, 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

The image shows a handwritten signature in black ink on the left and an official oval stamp on the right. The stamp contains the text 'FACULTAD DE INGENIERIA USAC' at the top, 'DIRECCION' in the center, and 'ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA' at the bottom.

Ing. Gilberto Morales Baiza
Director
Escuela De Ingenieria Mecanica

Guatemala, noviembre de 2022



LNG.DECANATO.OI.310.2023

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 EL PLAN DE CONTROL DE PRODUCCIÓN Y MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA FABRICANTE DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS**, presentado por: **Juan José Suruy Contreras**, 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, marzo de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la vida y la bendición de estudiar.
Mis padres	Manuel de Jesús Suruy y Blanca Rosa Contreras. Por su amor incondicional y guía en el camino de la vida, mi eterno agradecimiento por su apoyo para hacer realidad este sueño.
Mi esposa	Ana Gilda Pinto Alvarez, por su amor, apoyo, sacrificio incondicional en cada uno de mis logros.
Mis hijos	Juan Andres y Ana Blanca Mercedes Suruy Pinto, por ser el amor que complementa nuestro hogar.
Mis hermanos	Rodrigo, Ramiro, Fernando, Roberto, Sandra, Mynor, Amparo, Julio y Mercedes Suruy Contreras. Agradezco a Dios por cada uno.
Mi hermano	Rodrigo Suruy Martinez, por su apoyo incondicional en los momentos claves de mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser el <i>alma mater</i> que me permitió estudiar honrosa carrera.
Facultad de Ingeniería	Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.
Mis sobrinos, familia y amigos en general	Porque de alguna forma siempre me han inspirado y alentado el lograr esta meta en mi vida.
Mi asesor	MSc. Ing. Herbeth Leonel Cortez Vanegas, por ser más que asesor, mi amigo y compañero profesional por haberme guiado durante el trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
3.1. Descripción del problema	7
3.2. Delimitación del problema	7
3.3. Formulación de preguntas orientadoras	8
3.3.1. Pregunta central	8
3.3.2. Preguntas auxiliares	8
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS	13
5.1. General	13
5.2. Específicos	13
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIONES.....	15

7.	MARCO TEÓRICO.....	19
7.1.	Industria alimenticia.....	19
7.1.1.	Definición.....	20
7.1.2.	Proceso productivo.....	20
7.1.2.1.	Proceso formulación y pesaje	20
7.1.2.2.	Proceso de mezclado	20
7.1.2.3.	Proceso abastecimiento	21
7.1.2.4.	Proceso empacado.....	21
7.2.	Maquinaria utilizada en la industria alimenticia	21
7.2.1.	Información general de mezcladora	22
7.2.2.	Información general de abastecimiento.....	22
7.2.3.	Información general de empacadora vertical MV3 140.....	23
7.3.	Producción y mantenimiento	23
7.3.1.	Producción	24
7.3.1.1.	Eficiencia de una línea de producción	24
7.3.1.2.	Eficiencia	24
7.3.1.3.	Indicadores usados en producción.	25
7.4.	Mantenimiento.....	26
7.4.1.	Definición de mantenimiento	26
7.4.2.	Clasificación del mantenimiento	27
7.4.2.1.	Mantenimiento correctivo	27
7.4.2.2.	Mantenimiento preventivo	27
7.4.2.3.	Mantenimiento predictivo.....	28
7.4.3.	Mantenimiento productivo total (TPM).....	28
7.4.3.1.	Que es un mantenimiento TPM.....	28
7.4.3.2.	Los 8 pilares del mantenimiento productivo total	29
7.4.4.	Mantenimiento basado en condición	29

7.4.4.1.	Técnicas de medición usada en el MBC	30
7.5.	Indicadores para el control del mantenimiento	30
7.5.1.	Disponibilidad de maquinaria (tasa de operación)	31
7.5.2.	Tiempo promedio de asistencia mecánica	31
7.5.3.	Tiempo medio entre fallas MTBF	32
7.5.4.	Tiempo de duración de falla TDF	32
7.5.5.	Tiempo medio de reparación de falla MTRH	33
7.6.	Norma de ISO 55,000	33
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	35
9.	METODOLOGÍA	39
9.1.	Variables e indicadores	39
9.2.	Fases	40
9.3.	Resultados esperados	41
9.4.	Selección de la muestra	41
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	43
11.	CRONOGRAMA	45
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	47
13.	REFERENCIAS	49
14.	APÉNDICES	55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de solución	18
2.	Disponibilidad de máquina	31
3.	Tiempo promedio de asistencia mecánica	31
4.	Tiempo medio entre fallas	32
5.	Tiempo de duración de falla	32
6.	Tiempo medio de duración de falla	33

TABLAS

I.	Variables e indicadores	39
II.	Cronograma	45
III.	Recurso financiero	48

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
PLC	Control de programación lógico
Gr/cm³	Densidad de un polvo
gpm	Golpes por minuto
°C	Grados Celsius
kW	Kilovatio
Bar	Medida de presión
m	Metros
DT 200	Modelo de cabezal de llenado
MV3 140	Modelo de máquina empacadora
No. F	Número de falla
%	Porcentaje
Q.	Quetzales
3ph	Sistema eléctrico trifásico
Tn	Tonelada
V	Voltios

GLOSARIO

<i>Batch</i>	Medida de mezcla hecha en el mezclador.
Color	Apariencia del tipo de sabor de la mezcla.
Densidad	Medida en gramos sobre centímetro cúbico.
Empacadora	Máquina de llenado de mezcla y sellado.
Enfardadora	Máquina usada para el cierre de los fardos.
Fardos	Caja de cartón de producto final.
Fustec	Marca de la maquinaria de la línea llenadora.
Granulometría	Medida de fineza del grano de la mezcla.
Línea de producción	Conjunto de máquinas y equipo.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación contiene la implementación de un plan de control de la producción y mantenimiento basado en condición de la línea de producción de una empresa fabricante de productos alimenticios.

Partiendo que la línea de investigación se realiza bajo una propuesta de estudio de ruta cuantitativa, de diseño no experimental, con estudio preexperimental de preprueba postprueba.

Se definió como objetivo general de la investigación el implementar un plan de control de cumplimiento de producción y mantenimiento basado en condición en la línea de producción.

Luego nos permite presentar los siguientes objetivos específicos:

- Definir los causales de baja eficiencia en la línea de producción.
- Clasificar las causas de paro en función de la frecuencia de falla en la línea de producción.
- Comparar las fallas más frecuentes en la línea de producción, en base a la información obtenida en los reportes de control de producción y mantenimiento.

Se resaltó la importancia de implementar los controles que nos permitan evaluar la forma como se hace la planificación actual de la producción para

evaluar el uso de la real capacidad instalada de producción de la planta de proceso, esto nos permitirá definir parámetros para futuras modificaciones o inversiones en maquinaria.

Se implementaron formatos de control tanto de la producción de la línea como control de las fallas mecánicas/eléctricas que se presenten en los diferentes equipos que conforman la línea de producción durante el trabajo de los mismos.

Con los datos obtenidos en la medición de desempeño de la línea de producción se aplicaron diferentes fórmulas para medir el impacto de las fallas que se detectaron durante el proceso de producción, lo que nos permite aplicar correctivos en las fallas más comunes que se registraron.

Posteriormente luego que se realicen las mejoras en la planificación, desempeño de producción y eficiencia del mantenimiento en la línea de producción se podrá realizar la evaluación económica del antes y después de la implementación de controles de producción y mantenimiento, los cuales mostrarán de forma monetaria el beneficio de la implementación de esta investigación.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo, constituye una sistematización del planteamiento de un diseño de investigación para un plan de control de producción y mantenimiento basado en condición de la línea de producción en una empresa fabricante de productos alimenticios, dicho planteamiento pretende ordenar por medio del estudio del comportamiento de diferentes variables que afectan el uso eficiente de una línea de producción, tales como, la adecuada planificación de la producción, del plan de mantenimiento, fallas operativas, fallas mecánicas entre otras. Y registrar el cumplimiento de estas variables alineadas a la capacidad instalada, que supla la demanda de un plan de ventas dependiente de la buena eficiencia de trabajo de dicha línea de producción.

El problema que presenta la empresa de fabricación de productos alimenticios es la falta de controles que permitan registrar, analizar y estudiar todas las posibles fallas que se presentan dentro del proceso de fabricación, que afectan directamente la eficiencia de línea, costos de producción, incumplimiento al plan de mantenimiento, daño del activo entre otros. El problema inicia cuando la prioridad la tiene una planificación de la producción que no tiene disponible inmediatamente la consulta de registros de existencias de producto terminado, disponibilidad de materias primas, ni pronósticos acertados de ventas entre otros. Y solo responde a planificar de una manera emergente a los pedidos urgentes de ventas, sin tomar en cuenta cambios de formatos, cambios por sabor, disponibilidad de materiales, planes de mantenimiento entre otros.

La importancia de la solución propuesta en este trabajo parte del objetivo principal de implementar un plan de control de cumplimiento de producción y

mantenimiento basado en condición en la línea de producción. Y por medio de controles en la eficiencia de la planificación, cumplimiento al plan de producción, cumplimiento al plan de mantenimiento, registro y solución de fallas frecuentes, causas de paro de la línea de producción. Implementar controles que nos permitan analizar e implementar planes de solución de las fallas que afectan la eficiencia de la línea de producción. La metodología que se usa para la solución que propone esta investigación ha sido implementada por todas las empresas transnacionales para el control de sus plantas de proceso, ya que es obligatorio tener implementado indicadores de control tanto de producción como del plan de mantenimiento y comportamiento funcional de las máquinas que conforman una línea de producción, sin estos controles y registros no se puede medir lo que se está haciendo, y todo lo que no se mide, no es susceptible de mejorarlo.

Los resultados esperados de este trabajo es obtener un procedimiento de monitoreo de control de la producción y de mantenimiento adecuado que permita una inspección, cambio y reparación de las fallas en la línea de producción lo que provoca la baja eficiencia de la línea de producción. Al resolver estos problemas la empresa tendrá una producción de calidad, controlada en costos que le permitan competir en el mercado, un adecuado plan de mantenimiento que garantice la disponibilidad mecánica y cuidado del activo. Luego la gerencia podrá planificar con datos claros, una estrategia de crecimiento e inversión en activos, instalaciones, entre otros., un plan integral de desarrollo planificado a futuro de inversiones, que permitan el crecimiento sostenible en el tiempo de la empresa.

El esquema de solución propone en su estructura basada en el objetivo principal de este trabajo de la implementación de un plan de control de cumplimiento de los planes de producción y mantenimiento, por medio de formatos y técnicas estadísticas de control, registro y análisis de la información

obtenida por estos formatos que nos medirán las variables necesarias para tener una adecuada eficiencia de cumplimiento, costos, inventarios, disponibilidad entre otros.

Con la implementación de los objetivos específicos que se derivan del objetivo principal y cubren la línea de investigación, clasificación y comparación de los causales de baja eficiencia, causas de paro y frecuencia de fallas, por medio de implementación de controles y seguimiento de mejora continua de fallas y paros de las mismas, tendremos una descripción, diagramas, estadísticos y gráficas, que nos permitirán analizar cada falla o paro que afecta a la línea de producción, lo que nos dará como resultado definir la incidencia de cada uno de los departamentos y áreas de proceso de la fábrica, que afecten la eficiencia de la línea de producción.

Con esta información se puede cuantificar el costo de oportunidad que provocan los paros, fallas, mala planificación, cambios de formato en la línea de producción. Esta herramienta será valiosa para presentar los planes de acción de cada departamento de producción, para resolver las fallas y paros, sabiendo que su implementación tendrá una rentabilidad mejor para la empresa.

En el capítulo 2 del índice propuesto se detalla el desarrollo de la investigación propuesta, todo lo referente a listas descriptivas de todos los paros y fallas encontrados, implementación de formatos específicos de control, análisis de capacidad instalada y eficiencia de uso.

En el capítulo 3 del índice propuesto describe la presentación de los resultados obtenidos del trabajo de campo realizado para implementar este trabajo de investigación.

En el capítulo 4 del índice propuesto se muestra la discusión de los resultados obtenidos, análisis, planes de acción, estadísticos y planes de acción para mejorar los hallazgos que afectan el funcionamiento adecuado de la línea de producción analizada.

2. ANTECEDENTES

Saavedra (2021) menciona en trabajo, que el uso del mantenimiento productivo total, para una línea de producción, usando todos los recursos que ofrece este mantenimiento, las técnicas que nos permiten medir el comportamiento de cada uno de los elementos que componen la línea de proceso, las habilidades y destrezas del personal operativo y mecánico para cambios de piezas, formatos por sabor, calibraciones, tiempos de limpieza entre otros. Para obtener la información de los tipos de paro y fallas que se presenten en la operación de una línea de producción e implementar los planes de acción en la mejora del proceso. Al aplicar las técnicas de un mantenimiento de clase mundial, permitirá encontrar la causa raíz de varios parámetros que afectan la eficiencia de una línea de producción, como los paros prolongados por falta de materia prima, mala planificación, cambios de formatos, entre otros.

Andrade *et. al.* (2019) muestra los logros que se obtuvieron al hacer un control de tiempos para la fabricación de zapatos. Se utilizó un diagrama de Ishikawa y el método de las 6M para determinar la causa de la baja productividad. Se concluyó que el origen del problema se encuentra en los métodos de trabajo, ya que se presenta un cuello de botella en el área de costura.

El aporte metodológico que se usó fue realizar un diagnóstico del proceso de producción para determinar el factor crítico del proceso por medio de aplicar el diagrama de Ishikawa y el método de las 6Ms.

Montes (2019) realizó un proyecto para la instalación de una planta productora de postre de gelatina, a fin de atender la demanda insatisfecha. Se

realizó un estudio de mercado para determinar la demanda del proyecto y un estudio de ingeniería para determinar la necesidad de materia prima, maquinaria y mano de obra. En la evaluación de costos se derivan los parámetros que justifican el trabajo realizado. El aporte metodológico que usó para realizar este proyecto fue métodos cuantitativos (método de series de tiempos y métodos causales) y métodos cualitativos (método Delphi e investigación de mercados)

Bayas y Perez (2015) diseñó un el sistema de información gerencial (SIG) que permitió corregir los errores hallados en la empresa. Se usaron estrategias adecuadas para mejorar la información de los procesos productivos de la gelatina y se optó por una planificación administrativa que ayude a la toma de decisiones eficientes. Se diseñó el SIG conforme a las necesidades actuales del proceso y transformarla en información que genere reportes rápidos, eficientes que permitan la toma de decisiones acertadas al departamento de producción.

El aporte metodológico que usó fueron los métodos analíticos y sintéticos, junto con un proceso que describe la fase de investigación.

Vergara (2006) usa un modelo matemático para mostrar el modo de producir de la empresa. Basado en una formulación matemática para programación de producción. Se obtuvieron soluciones de aprovechamiento de los recursos de tiempo y materias primas disponibles. El aporte del estudio y aplicación de modelamientos matemáticos eficientes para la programación de la producción proveen una plataforma para obtener mejores ahorros al hacer eficiente la programación de la producción.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Diseño de investigación para un plan de control de la producción y mantenimiento basado en condición de la línea de producción de una empresa de productos alimenticios.

3.1. Descripción del problema

El problema es la baja eficiencia de la línea de producción de la empresa dedicada a la fabricación de productos alimenticios. Afecta al departamento de ventas al no cumplir con el plan de ventas planificado y a los clientes, al no tener capacidad de abastecimiento de la demanda y el retraso en la entrega de sus pedidos.

3.2. Delimitación del problema

Desde hace cinco años la planificación de la producción se realiza para cubrir la demanda diaria de ventas, esto afecta los inventarios de producto terminado y materias primas, los tiempos de despacho e importación de las materias primas, tampoco permite la programación de un plan de mantenimiento preventivo adecuado. La línea de producción es maquinaria nueva tecnología de tipo vertical para el llenado de gelatina en polvo, de fabricación argentina.

Las posibles causas pueden ser la forma de la planificación, las capacidades técnicas del personal operativo y técnico y la constante rotación, y el no cumplimiento al plan de mantenimiento. Los efectos son paros prolongados por cambio de formato y mantenimiento; lo que repercute en fallas mecánicas en

maquinaria e incumplimiento al plan de ventas. La empresa está ubicada en el área industrial de la zona 12 de la ciudad de Guatemala.

3.3. Formulación de preguntas orientadoras

Se plantea la pregunta central del tema y de esta se derivarán las preguntas auxiliares que en conjunto ayudarán a dar forma a la solución integral de la investigación.

3.3.1. Pregunta central

La pregunta central de investigación es ¿Qué plan de control de cumplimiento de producción y mantenimiento basado en condición, se puede implementar en la línea de producción de una empresa que se dedica a la fabricación de productos alimenticios?

3.3.2. Preguntas auxiliares

Las preguntas auxiliares son:

- ¿Cuáles son los causales de la baja eficiencia de la línea de producción de una empresa que se dedica a la fabricación de productos alimenticios?
- ¿Cuáles son las principales causas de paro en la línea de producción en función de la frecuencia de falla de una empresa, que se dedica a la fabricación de productos alimenticios?
- ¿Cuál es la diferencia entre la falla más frecuente de la línea de producción antes y después de la implementación de los reportes de control de

producción y mantenimiento de una empresa, que se dedica a la fabricación de productos alimenticios?

4. JUSTIFICACIÓN

La línea de investigación se realiza bajo una propuesta de estudio de ruta cuantitativa, de diseño no experimental, con estudio preexperimental de preprueba postprueba.

La necesidad de la investigación de esta propuesta se debe a que la empresa fabricante de productos alimenticios, no ha tenido un buen control de la producción y del mantenimiento en los diferentes procesos, al adquirir maquinaria de nueva tecnología para el proceso de empaclado, se ha hecho evidente la necesidad de ordenar y controlar estos procesos.

La importancia de solución propuesta es, que para la empresa fabricante de productos alimenticios es de suma importancia tener todos sus procesos ordenados y controlados, porque se tiene constantes reportes de no cumplimiento de la planificación programada en la línea de producción, los reportes diarios de control de producción muestran la baja eficiencia de la línea debido a diferentes factores que se dan durante el proceso de llenado. Lo que ha provocado no disponer de producto terminado a tiempo y cumplir la demanda de ventas de la empresa.

La motivación del investigador surge de la relación de asesoría que él presta en el diseño y montaje de la línea nueva de producción, al determinar que la empresa no tiene un eficiente uso de las máquinas, debido al problema que genera en planta el planificar de una forma ineficiente, sin tomar en consideración la programación de los mantenimientos necesarios en línea de producción para preservar y garantizar su funcionamiento.

El beneficio de la investigación consiste en obtener un procedimiento de monitoreo de control de la producción y de mantenimiento, por medio de técnicas de toma de registros, análisis de datos que permitan una inspección, cambio y reparación de la frecuencia de las fallas en la línea de producción, que provocan su baja eficiencia y por ende el no cumplimiento del plan producción y desabasto del programa de ventas.

El estudio beneficiará a los distintos departamentos de planificación, producción, mantenimiento y ventas, debido a que al implementar lo propuesto por esta investigación, se obtendrá una mejor eficiencia de línea, se tendrá la cantidad óptima de producto terminado, mejores costes, mantenimiento adecuado de los equipos que conforman la línea de producción y rentabilidad del proceso de fabricación.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Implementar un plan de control de cumplimiento de producción y mantenimiento basado en condición en la línea de producción.

5.2. Específicos

- Definir los causales de baja eficiencia en la línea de producción.
- Clasificar las causas de paro en función de la frecuencia de falla en la línea de producción.
- Comparar las fallas más frecuentes en la línea de producción, en base a la información obtenida en los reportes de control de producción y mantenimiento.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

La necesidad de la investigación es dar solución al problema de la baja eficiencia de la línea de producción de la empresa dedicada a la fabricación de productos alimenticios. Afecta al departamento de ventas al no cumplir con el plan de ventas planificado y a los clientes al tener atrasos en el cumplimiento de los despachos o pedidos. Desde hace cinco años la planificación de la producción se hace para cubrir la demanda diaria de ventas, esto afecta los inventarios de producto terminado y materias primas, los tiempos de despacho e importación de las materias primas, tampoco permite la programación de un plan de mantenimiento preventivo adecuado.

La solución al objetivo general del estudio, será inicialmente observar los problemas detectados de la planificación, las capacidades técnicas del personal operativo y técnico, su constante rotación, y el no cumplimiento al plan de mantenimiento, el desabasto del mercado por el no cumplimiento al plan de producción, tomando en cuenta que la fábrica tiene una demanda del producto en más de veinte sabores diferentes, que al no tener un buen control de la rotación por sabor, se cae en el error de planificar la producción por emergencia de cumplimiento a pedidos urgentes. Se hará la toma de registro, análisis de las variables que lo provocan, y se implementaran las posibles soluciones que emerjan de este análisis.

La solución del objetivo específico uno, de definir los causales de la baja eficiencia en la línea de producción. Se realizará por medio de un estudio para comprobar la capacidad instalada de fábrica, eficiencia histórica con la que ha trabajado la línea de producción, y establecer los diferentes formatos de los

productos que se fabrican en dicha línea de producción, como sabores, dosificación de estos, producto final esperado, entre otros. medio de implementar los formatos de control del comportamiento de la línea de producción, donde se registre las fallas recurrentes por proceso de producción y fallas recurrentes de fallas mecánicas por mantenimiento.

La solución del objetivo específico dos, de clasificar las causas de paro, frecuencias de fallas en la línea de producción. Se hará por medio de analizar la información obtenida en los reportes implementados para el control de producción y mantenimiento. Analizando también el efecto de la programación actual de la planificación de la producción y mantenimiento. Esto nos indicará si son paros prolongados por cambio de formato, fallas mecánicas/eléctricas por mantenimiento, mala planificación de la producción, fallas en producción por falta de capacidad de los operadores, falta de materiales, entre otros.

La solución del objetivo específico tres de comparar las fallas más frecuentes en la línea de producción, en base a la información obtenida en los reportes de control de la producción y mantenimiento. Se hará por medio del análisis y comparación de los paros, fallas mecánicas, eficiencias; que nos muestren los controles implementados. Por medio de análisis podremos clasificar las frecuencias y tiempos muertos que estas provocan en la línea de producción, lo que nos permitirá poder evaluar el costo que las mismas provocan. Esta información nos permitirá presentar los beneficios que obtendremos en costos si se implementa la solución que propone este estudio. Con el análisis del objetivo específico 3 se podrá definir los diferentes indicadores de control en la línea de producción para evaluar la mejora continua de los procesos.

La elaboración de la investigación es factible debido al interés por parte de la empresa, y por el ofrecimiento que existe en patrocinar la mayoría de los

recursos económicos necesarios para llevar a cabo esta investigación. Sabiendo que al solucionar el problema y hacer una cultura de trabajo, la solución propuesta y el interés del investigador por llevarla a cabo, el recurso económico no es ningún problema.

Los equipos e instrumentos para llevar a cabo esta investigación están disponibles, y si es necesario la compra de algún otro equipo para llevar a cabo esta investigación se conversó con la gerencia y manifiesto que no hay ningún problema para su compra, ya que se ha invertido en equipos nuevos de llenado y empacado, sistema de aire comprimido de grado sanitario, instalaciones entre otros., y por ello urge tener solucionado el descontrol interno del uso de estos, también con la experiencia de vida que cuenta el investigador en diferentes procesos de fabricación de alimentos, tanto de diseño y montaje de maquinaria y equipo, como de procesos de fabricación de alimentos.

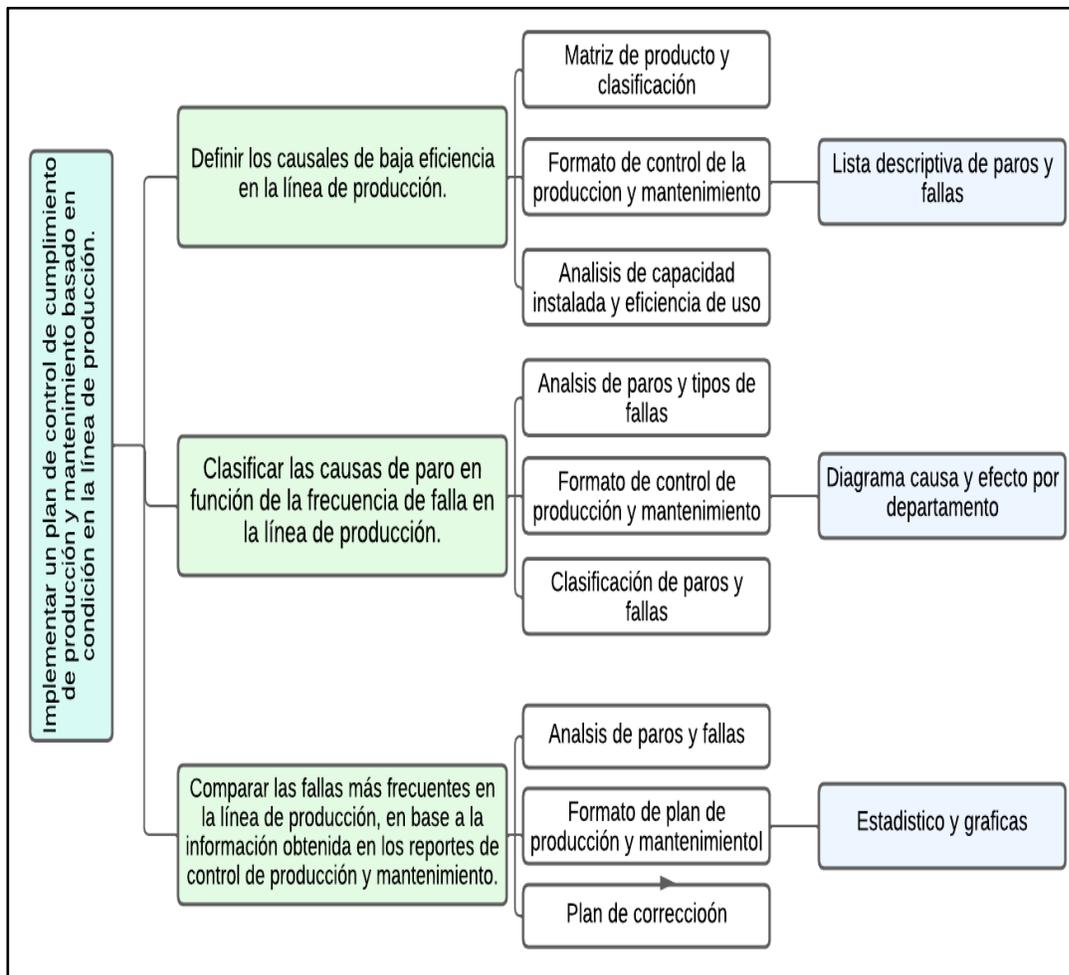
La investigación propuesta tiene validez técnica por la importancia que tiene para la fábrica el ordenamiento y mejora de la eficiencia en sus procesos y futuro desarrollo de crecimiento de la fábrica, ya que no se puede planificar a futuro un plan master de crecimiento a largo plazo, si no se cuenta con los controles que nos permitan definir el rumbo y comportamiento de las ventas, eficiencias, capacidades de otros procesos necesarios como el de la capacidad de mezclado, crecimiento de la capacidad instalada de producción y los servicios necesarios como aire comprimido, capacidad eléctrica entre otros. para sustentar estos crecimiento a futuro.

El tiempo necesario para realizar el estudio propuesto es aproximadamente entre cinco o seis meses, tiempo suficiente para implementar las soluciones propuestas de mejora de la eficiencia de línea y planta de fabricación.

- Esquema de solución

Las necesidades para cubrir por medio del planteamiento del objetivo general y de los objetivos específicos propuestos en esta investigación, se muestran en forma esquemática en el esquema de soluciones de la figura 1.

Figura 1. **Esquema de solución**



Fuente: elaboración propia, empleando lucidchart.

7. MARCO TEÓRICO

El presente trabajo muestra el marco teórico para realizar una investigación de un plan de control de producción y mantenimiento basado en condición en una línea de proceso en una empresa que fabrica productos alimenticios.

Este marco teórico presenta la secuencia que se usará para llevar cabo la investigación propuesta, el trabajo de campo está muy bien definido en donde se va a realizar y la línea que se necesita evaluar e implementar las soluciones que la propuesta de esta investigación en cada una de sus fases.

7.1. Industria alimenticia

La presente investigación se realiza en el sector de la industria alimenticia de Guatemala, en este caso específicamente en el proceso de mezclado y empaclado de gelatina en polvo que es un mercado que ha presentado un crecimiento considerable por su practicidad, economía y percepción saludable. La industria alimenticia de productos en polvo representa un gran mercado tanto nacional como de exportación.

El ente regulador de la industria alimenticia en Guatemala es el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala, a través de Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.01.33:06 Industria de alimentos y bebidas procesadas. Buenas prácticas de manufactura. Principios generales, que pretende regular y alinear los procesos y procedimientos de la industria

centroamericana (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala, 2014).

7.1.1. Definición

La palabra industria es muy amplia en definición según el proceso en el que se enfoque, para un proceso de industria alimenticia es más específico por los detalles de consumo humano. En una fábrica de productos alimenticios, el lugar de producción es donde le damos la calidad al producto que vende la empresa. En dicho lugar realizamos todas las tareas de mezclado, pesaje, empaque y todas las tareas necesarias en un proceso de fabricación, todo esto tiene como fin hacer un producto rentable (Mendoza, 2022).

7.1.2. Proceso productivo

En la industria alimenticia del proceso de fabricación de mezclas de polvos, en el caso de gelatinas, el proceso inicia con la recepción de las diferentes materias primas por parte de personal de bodega de materias primas y control de calidad.

7.1.2.1. Proceso formulación y pesaje

Luego se cuenta con un área de pesaje y formulación para integrar las diferentes materias primas de cada fórmula.

7.1.2.2. Proceso de mezclado

Estos ingredientes son llevados al área de mezclado, en donde se producirán las mezclas de los diferentes productos en base a sabor, tiempos de

mezclado y plan de producción. Los mezcladores utilizados son diseñados según capacidad de *batch* de mezclado programado, granulometría, color, densidad final de la mezcla.

7.1.2.3. Proceso abastecimiento

Las mezclas son abastecidas a una tolva principal instalada en un segundo nivel, donde abastecen por medio de un sistema automático controlado por el PLC de la máquina llenadora según velocidad de esta, a la máquina empacadora instalada en el primer nivel de la planta de proceso.

7.1.2.4. Proceso empacado

La máquina empacadora es programada en base a producto a llenar, material de empaque para la fabricación del sobre, velocidad de llenado, temperaturas de sellado de sobre, luego los sobres se empacan en una caja final con la cantidad establecida de sobres. Estas cajas son entarimadas según cantidad definida por producto.

7.2. Maquinaria utilizada en la industria alimenticia

Para la fabricación de mezclas de gelatina en polvos se efectuó la visita a planta de proceso y se observaron todos los equipos y maquinarias involucrados en la fabricación de la mezcla y empacado final de esta, los diferentes equipos y maquinaria observados son:

- Compresores de aire comprimido de tornillo de presión media.
- Mezcladores horizontales ribbom de 1 ton.

- Empacadoras Verticales de sobres de empaque de tres costuras marca Fustec.
- Sistema de abastecimiento de 850 kg.
- Equipo de extracción de polvos.
- Enfardadoras automáticas.
- Basculas electrónicas.

La maquinaria más importante para el proceso de mezclado, empaçado y enfardado de la gelatina en polvo, es la mezcladora, la unidad de abastecimiento y la máquina empacadora vertical.

7.2.1. Información general de mezcladora

Son mezcladoras horizontales tipo ribbom de doble efecto, varían según su capacidad de mezclado entre 200, 400, 600 y 1,000 kg. Están fabricadas totalmente en acero inoxidable sanitario, sin puntos de acumulación y de fácil limpieza. Algunas trabajan con un sistema de tolva y tornillo alimentador de materias primas. Con alimentación eléctrica de 240 v, 60 Hz, 3 ph.

7.2.2. Información general de abastecimiento

Para un proceso de empaçado de polvos es importante contar con un sistema de abastecimiento que tenga la capacidad de respuesta a la velocidad del llenado de la empacadora, y mantener el nivel ideal que garantice la dosificación exacta en el sobre de empaque del producto final. Estos equipos se diseñan en base a la demanda de la máquina empacadora y su mecanismo de abastecimiento es un tornillo helicoidal sin fin, accionado por un motorreductor en 240 v, 60 Hz, 3 ph. Y trabajan de forma automática gobernados por una señal eléctrica desde el PLC de la máquina empacadora.

7.2.3. Información general de empacadora vertical MV3 140

- Tipo de maquinaria: Máquina vertical de 3 costuras para dosis de 500 gr.
- Tornillo dosificador: DT200 para diferentes dosificaciones
- Voltaje: 3 x 240 v. 60 Hz
- Consumo eléctrico: 6 kW
- Consumo de aire comprimido: 200 litros/min a una presión de 6 bar.
- Velocidad de producción: 40 a 50 gpm (golpes /min)
- Material de empaque: diferentes estructuras de papel.
- Bobina de empaque: hasta de 45 kg (Fustec, 2014).

7.3. Producción y mantenimiento

Comúnmente se confunde productividad con producción, pero la producción es una tarea de transformación de recursos, la productividad es una medida en el uso o rendimiento de la aplicación de los recursos (Delgado, 2018).

Gran éxito de la producción de una planta se verá impactado por el adecuado plan de planificación de la producción, este plan debe tomar en consideración todas las variables que afectan la eficiencia de la línea de producción, desde sus tiempos de preparación de la línea, tiempos de cambios de formato, limpieza entre cambios de sabor, capacidad real de la línea de producción para calcular los tiempos de entrega de la demanda de producción y especial muy importante es que esta planificación tome en cuenta la planificación de los tiempos requeridos por el departamento de mantenimiento para cumplir con el plan de mantenimiento programado necesario para mantener en óptimas condiciones de trabajo de la línea de producción en todos los equipos que la conforman (Delgado, 2018).

Los departamentos de planificación, producción, calidad, mantenimiento y ventas trabajan como un solo equipo, tomando en cuenta todos los puntos importantes que unifiquen el desempeño del grupo.

7.3.1. Producción

Una buena producción será la suma de acciones y responsabilidades en el uso de la maquinaria y personal involucrado en la misma, que garantice la condición de calidad, costos y tiempos de entrega de los productos programados en una planificación adecuada de los mismos.

Se debe implementar, registrar, monitorear, los indicadores que nos permitan medir el comportamiento de toda la línea de producción, donde se pueda revisar las causas y soluciones de los incumplimientos de esta (Bayas y Perez, 2015).

7.3.1.1. Eficiencia de una línea de producción

Eficiencia significa la producción de bienes de alta calidad en el menor tiempo posible, y siempre que estos bienes sean necesarios, en otras palabras, el grado de eficacia con que se utilizan los recursos para crear un producto útil (Delgado, 2018).

7.3.1.2. Eficiencia

La eficiencia es uno de los indicadores más importantes que se debe medir, registrar y analizar en cualquier proceso de producción. Para nuestro estudio implementamos un plan de control de cumplimiento de la producción planificada. Por medio del formato de control de la producción podremos

implementar el registro de cantidad de producción, fallas y causas que provoquen la disminución de esta. Podremos comparar las horas hombre, horas máquina, programadas y comparar las horas reales de trabajo de la línea, para definir la eficiencia real con la que estamos trabajando la línea de producción (Andrade *et al.*, 2019).

7.3.1.3. Indicadores usados en producción.

Los indicadores en producción sirven indicarnos el comportamiento de un proceso, si está cumpliendo con lo planificado, tanto en cantidad, eficiencia y costos. En la empresa en la que se propone hacer este estudio tenemos varios indicadores que nos servirán para monitorear el cumplimiento de los planes de producción, como los siguientes:

- Fardos o cajas producidas/hora producidos
- Toneladas/ mes
- Horas programadas máquinas.
- Tiempos de paro por falla en producción.
- Eficiencias de la línea de producción.

El objetivo de la productividad es medir la eficiencia de producción por cada factor o recurso utilizado, entendiendo por eficiencia el hecho de obtener el mejor o máximo rendimiento utilizando un mínimo de recursos. Es decir, cuantos menos recursos sean necesarios para producir una misma cantidad, mayor será la productividad y, por tanto, mayor será la eficiencia. (Chavalié, 2022, pág. 11)

7.4. Mantenimiento

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo programable que sea medible en su mejora continua es fundamental para garantizar el buen funcionamiento de la maquinaria e instalaciones que componen la fábrica de producción.

7.4.1. Definición de mantenimiento

El mantenimiento planificado es consecuencia de la coordinación de ejercicios particulares de apoyo realizados por la división de mantenimiento, con los ejercicios de mantenimiento autónomo realizados por la oficina de creación. Las dos oficinas deben funcionar en un estado de armonía para garantizar un gran apoyo organizado (Saavedra, 2021).

Cualquier fábrica independientemente de la naturaleza de su proceso de producción, debe contar con un plan de mantenimiento programado integrado en el plan de producción, en donde se programen y respeten las fechas establecidas de los diferentes mantenimientos que necesite la maquinaria o equipo involucrado en proceso de fabricación, gerente de mantenimiento es el encargo de presentar este plan, para que él garantice la disponibilidad mecánica de los diferentes equipos que conforman la línea de proceso y se preserve la vida útil de los recurso de planta bajo su responsabilidad.

El personal que integre el departamento de mantenimiento debe ser capacitado en las características de la maquinaria e instalaciones que componen la fábrica. Tanto en la maquinaria como herramienta utilizada y planes programados en los diferentes tipos de mantenimiento, esto garantiza tiempos y disponibilidad mecánica de la maquinaria.

7.4.2. Clasificación del mantenimiento

El mantenimiento se puede clasificar en diferentes tipos, estos dependen de los tipos de maquinaria y proceso de la fábrica. Cabe mencionar que la calidad y avance que se tenga del mismo dependerá del cumplimiento que la fábrica ha tenido al implementar su plan de mantenimiento y presupuesto de este, respetando y dando seguimiento al cumplimiento de la planificación, control, registros y mejoras que se deseen implementar.

Independientemente del tamaño de la fábrica el mantenimiento industrial debe tener controles y registros que lleven a los diferentes niveles del mantenimiento, hasta obtener y cumplir indicadores de clase mundial, que preparen a la fábrica a responder sin problemas a cualquier auditoría técnica requerida.

7.4.2.1. Mantenimiento correctivo

Se le conoce a veces como la fase inicial del mantenimiento y el más básico, ya que normalmente se realiza cuando ya hay un aviso de una posible falla o paro del equipo, normalmente se cree que es el mantenimiento más barato, pero a la larga es fácil demostrar que es el más costoso. Normalmente realizarlo conlleva un paro significativo de la maquinaria y consecuentemente de la producción, normalmente será el mantenimiento más caro de ejecutar, debido a la gravedad de la falla y paro de producción.

7.4.2.2. Mantenimiento preventivo

Es un mantenimiento ya programado para atender un servicio o reparación que nos evite que se presente la falla en la maquinaria. La programación de este

mantenimiento debe estar alineada y tomada en cuenta en la planificación general de la producción en donde ya se le asigna fecha y tiempo para ejecutarlo. Es muy importante señalar que de la buena ejecución y registro de fallas atendidas en este mantenimiento saldrán indicadores de fallas, tiempos, costos. Que nos permitirán tomar decisiones claves de mejora para la evolución a los otros niveles del mantenimiento industrial.

7.4.2.3. Mantenimiento predictivo

Este mantenimiento se puede implementar cuando ya se tiene implementado y analizado los mantenimientos correctivo y preventivo. Nos permitirá anticiparnos a la presencia de una falla, porque ya tendremos un historial del tipo falla y el tiempo medio entre fallas de los diferentes mecanismos de la maquinaria.

7.4.3. Mantenimiento productivo total (TPM)

EL TPM es una metodología compuesta de actividades alineadas y complementarias, que una vez ejecutadas; incrementan la competitividad de una empresa, industria u organización de bienes o servicios. Esta metodología es considerada además una estrategia de mejora, debido a que coadyuva a mejorar las capacidades competitivas del personal de planta, anulando estratégicamente las deficiencias (antes que se presente una falla) de los sistemas de operación (Mendoza, 2022).

7.4.3.1. Que es un mantenimiento TPM

El mantenimiento TPM, (mantenimiento total programado), es un mantenimiento estratégico, porque cuenta con varios parámetros de medición

que detectan, miden y analizan el tipo de falla que se presenta en una línea de proceso, y para la solución de una falla o paro de producción, se involucra a todo el personal de los diferentes departamentos que componen el departamento de producción.

7.4.3.2. Los 8 pilares del mantenimiento productivo total

Lo bueno de la aplicación del TPM en una fábrica es que su metodología involucra el interactuar entre los diferentes departamentos que componen el proceso de fabricación de una fábrica. Tiene sus bases fundamentadas en 8 pilares, los cuales son:

- Mejoras enfocadas
- Mantenimiento autónomo
- Mantenimiento planificado
- Mantenimiento de calidad
- Prevención del mantenimiento
- Apoyo de otros departamentos de la empresa
- Formación y adiestramiento
- Seguridad y medio ambiente.

7.4.4. Mantenimiento basado en condición

Es el mantenimiento que aplica técnicas de medición como análisis de aceite, vibración, termografía, ultrasonido. Que permiten medir el estado de una máquina y dar el diagnóstico para evaluar la planificación de cuando hacer el mantenimiento en base a los resultados del estudio que se use para analizar los elementos de máquina sin necesariamente parar el proceso de fabricación.

7.4.4.1. Técnicas de medición usada en el MBC

El MBC (mantenimiento basado en condición), usa varias técnicas de mediciones para el diagnóstico del estado de un elemento de máquina, cada uno tiene su aplicación especial y equipo de diagnóstico, es de recalcar que todas estas técnicas son o deben ser realizadas por personal altamente calificado, no solo por el uso de los equipos especiales, sino también por la interpretación de los datos obtenidos.

Las técnicas más utilizadas en el MBC son:

- Tribología aplicada por medio de análisis de aceites
- Análisis de vibraciones
- Termografía infrarroja
- Mantenimiento ultrasónico.

7.5. Indicadores para el control del mantenimiento

Un indicador de control de mantenimiento nos permite medir, registrar y evaluar el cumplimiento de un plan de mantenimiento en los diferentes servicios que presta dentro de la fábrica. Para la empresa en donde se realizará la investigación, la implementación de los indicadores de la gestión del mantenimiento les dará una guía del plan de trabajo que se debe implementar para resolver las causas y tipos de falla que provocan una mala eficiencia de la línea de producción.

Los indicadores para medir la gestión del mantenimiento son:

7.5.1. Disponibilidad de maquinaria (tasa de operación)

La tasa de operación mide la eficiencia de trabajo de una máquina al comparar el tiempo programado de producción contra el tiempo muerto que se pueda tener en la máquina debido a las diferentes fallas mecánicas en la misma.

Figura 2. Tasa de operación

DISPONIBILIDAD DE MAQUINARIA (TASA DE OPERACIÓN)	
T.P.M.	= TIEMPO PROGRAMADO DE MAQUINA
T.M.M.	= TIEMPO MUERTO DE MAQUINA
T.O.	= TASA DE OPERACIÓN
$T.O. = \frac{(T.P.M.) - (T.M.M.)}{(T.P.M.)}$	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

7.5.2. Tiempo promedio de asistencia mecánica

El tiempo medio de asistencia mecánica nos permite valorar el tiempo medio que un técnico usa en la asistencia de cada falla que se presenta de la línea en producción.

Figura 3. Tiempo medio de asistencia mecánica

TIEMPO PROMEDIO DE ASISTENCIA MECANICA	
T.T.M.	= TOTAL DE TIEMPO MUERTO
N.A.M.	= NUMERO DE ASISTENCIA MECANICA
T.P.A.M.	= TIEMPO PROMEDIO DE ASISTENCIA MECANICA
$T.P.A.M. = \frac{T.T.M.}{N.A.M.}$	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

7.5.3. Tiempo medio entre fallas MTBF

El tiempo medio entre fallas nos permite medir con que transcurre entre dos fallas en el funcionamiento de la línea de producción.

Figura 4. Tiempo medio entre fallas

MTBF (TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS)	
No. F.	= NUMERO DE FALLAS
T.O.	= TIEMPO DE OPERACIÓN
MTBF	= TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS
MTBF	= $\frac{\text{T.O.}}{\text{No. F.}}$

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

7.5.4. Tiempo de duración de falla TDF

Mide la relación entre el tiempo de paro y el tiempo de funcionamiento real de una línea de producción.

Figura 5. Tiempo de duración de falla

TASA DE DURACION DE FALLAS	
T.P.	= TIEMPO DE PARO
T.O.	= TIEMPO DE OPERACIÓN
T.D.F.	= TASA DE DURACION DE FALLAS
T.D.F.	= $\frac{\text{T.P.}}{\text{T.O.}}$

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

7.5.5. Tiempo medio de reparación de falla MTRH

Mide el tiempo promedio que se usa entre el tiempo total utilizado entre el número de reparaciones efectuadas.

Figura 6. Tiempo medio de reparación

MTRH (TIEMPO MEDIO DE REPARACION)	
T.R.	= TIEMPO DE REPARACION
No.R.	= NUMERO DE REPARACIONES
MTRH	= TIEMPO MEDIO DE REPARACION
MTRH	= $\frac{\text{T.R.}}{\text{No. R.}}$

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

7.6. Norma de ISO 55,000

Se usará la norma ISO 55,000 de gestión de repuestos. La norma ISO 55,000 involucra los diferentes departamentos y alinea el compromiso con la eficiencia de las empresas respecto de la gestión de repuestos, guía para optimizar los procesos cotidianos, asigna recursos que permitan incrementar la vida útil de los activos.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

1.1. Industria Alimenticia

1.2. Definición

1.3. Proceso productivo

1.3.1. Proceso formulación y pesaje

1.3.2. Proceso de mezclado

1.3.3. Proceso abastecimiento

1.3.4. Proceso empackado

1.4. Maquinaria utilizada en la industria alimenticia

1.4.1. Información general de mezcladora

1.4.2. Información general de abastecimiento

1.4.3. Información general de empackadora vertical MV3 140

1.5. Producción y mantenimiento

1.5.1. Producción

- 1.5.1.1. Eficiencia de una línea de producción
 - 1.5.1.2. Eficiencia
 - 1.5.1.3. Indicadores de control de la producción.
 - 1.6. Mantenimiento
 - 1.6.1. Definición de mantenimiento
 - 1.6.2. Clasificación del mantenimiento
 - 1.6.2.1. Mantenimiento correctivo
 - 1.6.2.2. Mantenimiento preventivo
 - 1.6.2.3. Mantenimiento predictivo
 - 1.7. Mantenimiento productivo total (TPM)
 - 1.7.1. Que es el mantenimiento productivo total
 - 1.7.2. Los 8 pilares del mantenimiento productivo total
 - 1.7.3. Mantenimiento basado en condición
 - 1.7.4. Técnicas de medición usada en el MBC
 - 1.8. Indicadores claves de la gestión del mantenimiento
 - 1.8.1. Disponibilidad de maquinaria (tasa de operación)
 - 1.8.2. Tiempo promedio de asistencia mecánica
 - 1.8.3. MTBF tiempo medio entre fallas
 - 1.8.4. Tasa de duración de falla
 - 1.9. MTRH tiempo medio de reparación
 - 1.10. Norma de apoyo ISO 55,000
- 2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN
- 3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
- 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

La investigación se realizará bajo una propuesta de estudio de ruta cuantitativa, de diseño no experimental, con estudio preexperimental de preprueba postprueba ya que se harán varias mediciones en la línea de producción, en las cuales se medirán sus variables establecidas y de alcance descriptivo ya que en base al monitoreo de producción y mantenimiento se analizará las fallas de los equipos e incumplimiento de la producción.

9.1. Variables e indicadores

La variables e indicadores de la línea se muestran en la tabla I:

Tabla I. **Variables e indicadores**

No.	Variables	Indicadores
1	Tipo de falla en los equipos	Mecanismo reportado de falla
2	Tiempo de la falla	MTBF y MTTR
3	Velocidad del equipo	golpes/min
4	Condición de funcionamiento de los equipos	material de empaque
5	Parámetros de llenado	Rpm tornillo
6	Sabor de producto	23 sabores
7	Tiempo de cambio de formato	minutos
8	Tiempo de limpieza de equipo	minutos
9	Temperatura de sellado	°C
10	Interpretación de datos	Eficiencia y fardos/min

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

9.2. Fases

- Revisión documental

Inicialmente se realizará la revisión de documentos escritos sobre la temática. Entre ellos se encuentra tesis, trabajos de graduación, documentos académicos, artículos científicos, fichas técnicas, manuales de operación y mantenimiento, historial disponible de datos de la línea de producción.

- Trabajo de campo

Se recopilará información sobre la forma de planificar la producción por línea, se debe tomar en cuenta los detalles de la presentación de peso y sabor del producto. Así como también las eficiencias obtenidas en base a la planificación de las unidades esperadas por la línea de producción. Se determinará el tipo de falla, tiempo de paro por falla y se verificará el cumplimiento del plan de mantenimiento programado para la línea de producción basado inicialmente en la recomendación del manual del fabricante de los equipos. Así también la eficiencia diaria obtenida en la línea de producción. Esta información se recolectará conforme al formato de control del apéndice III. Por medio de inspección visual se verificará el estado de los diferentes equipos que conforman la línea de producción.

- Trabajo de gabinete

Mediante la información recopilada, se evaluará y graficará las tendencias identificadas. Se utilizará software para la actividad y continuamente se tendrá revisión documental de soporte. Se establecerá el tiempo medio entre fallas (MTBF), y el tiempo medio de reparación de falla (MTTR). Al analizar la

información de estos indicadores se establecerá la criticidad de fallas en la línea de producción.

- Redacción de documentos

Con la información obtenida se podrá hacer un reporte semanal/mensual del comportamiento de la eficiencia de la línea de producción.

9.3. Resultados esperados

Se pretende disminuir las fallas más frecuentes en la línea, lo cual nos permitirá tener mejor eficiencia en la línea de producción, mejor disponibilidad mecánica de los equipos y como resultado de las anteriores incrementar la eficiencia sostenida de la línea de producción, lo que permitirá mayor producción, mejores costos y cumplimiento al plan de ventas de la fábrica.

9.4. Selección de la muestra

La selección de la muestra será no probabilística.

- Población: 1 línea de producción de empaçado de gelatina en polvo
- Muestra: 5 líneas de producción de gelatina en polvo
- Unidad de análisis: Línea empacadora de gelatina en polvo.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Es de mencionar que la estadística descriptiva es la que se usará para medir todas las variables en la línea de producción, ya que permite aplicar la técnica matemática que nos permitirá obtener, organizar, presentar y describir el conjunto de datos e información con la que haremos tablas, medidas numéricas y graficar los resultados para tener una idea más clara de su comportamiento y variabilidad de los parámetros medidos y mejora de estos.

Para analizar la variable de tipos de fallas, se llevará un formato de control de la producción y tipos de fallas, en la máquina y proceso de fabricación, en el cual se registran parámetros que permitirán analizar el comportamiento de tipos de falla, temperaturas de operación de sellado, velocidad y parámetros de la línea de llenado.

Para analizar la variable de capacidad instalada de la máquina, esta tiene un sistema automático que registra la velocidad a la que se está trabajando la máquina, el operador debe registrar este parámetro como clave en el análisis del cumplimiento de la producción programada, ya que la velocidad va directamente a afectar la eficiencia de la línea de producción y capacidad instalada de la planta.

Para analizar la variable (%) de eficiencia de la línea de producción, en el formato de control de la producción se establece el parámetro por hora de la capacidad de la línea de producción, llevando un registro de cumplimiento de fardos programado contra fardos reales, tiempos perdidos por cualquier falla mecánica, operativa o de planificación, este se registra diariamente y se lleva un estadístico mensual de los parámetros medidos en la línea de producción.

Para analizar el cumplimiento al plan de producción diario, en el formato de control de la producción con el registro de los fardos/hora o fardos/día, podemos graficar el cumplimiento por cada producto que se programe en la línea de producción para su fabricación, controlar las toneladas mes de demanda de mezclado y hacer una proyección de crecimiento para luego evaluar el diseño de aumento de capacidad instalada en mezclado de fábrica.

Para analizar los parámetros de desempeño mecánico de la máquina, como el tiempo medio de falla, disponibilidad mecánica, mecanismos de falla, entre otros. En el formato de control de la producción hay un apartado en el cual por hora se puede registrar si la falla fue mecánica, eléctrica, operativa, y qué tipo de falla. Con esta información se arma un cuadro en Excel donde se registra y arma la presentación gráfica del comportamiento de los tipos de fallo mecánico y da la orientación a donde se debe enfocar el mantenimiento de la línea de producción.

11. CRONOGRAMA

Tabla II. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Project.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La presente investigación se realizará usando recursos humanos, físicos, tecnológicos y materiales. Los recursos económicos necesarios para llevar a cabo esta investigación están disponibles tanto por el interés de la gerencia de fábrica por solucionar el problema y hacer una cultura de trabajo la solución propuesta, como también por el interés del investigador por llevarla a cabo, el recurso económico estará disponible primero por el investigador y si hay un costo alto en algún recurso se contará con el apoyo de la gerencia de fábrica. Los equipos e instrumentos para llevar a cabo esta investigación están disponibles, y si es necesario la compra de algún otro equipo para llevar a cabo esta investigación se ha hablado con la gerencia y manifiesta que no hay ningún problema para su compra. Se cuenta con todos los permisos para acceder a la línea de producción.

Los recursos físicos y materiales (material de empaque, producto mezclado, cartón, hojas) que se usarán en esta investigación están disponibles en la empresa. La línea para analizar es una línea empacadora marca Fustec MV3 140 con cabezal de llenado DT 200, de fabricación argentina.

La fábrica proporciona el recurso humano que usa para la digitación de la información, el ente investigador tiene acceso a esta información, la cual puede usar para el análisis de las variables medidas.

La investigación aportará mejoras en los aspectos de control de producción, mantenimiento de maquinaria, implementación de plan de

mantenimiento indicado por el fabricante, y aprovechamiento de vida útil del recurso industrial.

Tabla III. **Recurso financiero**

Recurso humano				
Cantidad en unidades	Tiempo (mes)	Concepto	Costo mensual	Subtotal
1	6	Investigador	Q. 1,500.00	Q. 9,000.00
1	3	Digitador	Q. 1,100.00	Q. 3,300.00
Recurso físico, tecnológico y materiales				
Cantidad unidades	Tiempo (mes)	Concepto	Costo mensual	Subtotal
1	6	Gasolina	Q. 800.00	Q. 4,800.00
1	6	Depreciación	Q. 200.00	Q. 1,200.00
1	6	Uso y depreciación de computadora	Q. 40.00	Q. 240.00
3	1	Resma de papel bond	Q. 38.00	Q. 114.00
Subtotal				Q. 18,654.00
Imprevistos 5 %				Q. 921.00
Total, de inversión en investigación				Q. 19,575.00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Parte de la inversión será financiada por el investigador, y otra parte por la empresa donde se hará la investigación.

13. REFERENCIAS

1. Acosta M, J. S. (2021). *Implementación del mantenimiento autónomo, para la mejora de la eficiencia general de los equipos (OEE) en el proceso productivo de jabón Bolívar, en la empresa Alicorp SAA.* (Tesis de licenciatura). Universidad Privada del Norte, Perú. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21633>. <https://hdl.handle.net/11537/27482>.
2. Andrade, A. M., Del Río, C. A., y Alvear, D. L. (junio, 2019). Estudio de tiempos y movimientos para incrementar la eficiencia en una empresa de producción de calzado. *Información Tecnológica*, 30(3), 0718-0764. Recuperado de <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v30n3/0718-0764-infotec-30-03-00083.pdf>.
3. Ávila P., R. G. (2017). *Diseño de un sistema de mejora del proceso productivo de la línea de cárnicos de la empresa de catering industrial Grupo Royale* (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/12907>.
4. Bayas O., E. N., y Perez B., A. D. (2015). *Diseño de un sistema de información gerencial (sig) de los procesos productivos de la empresa productora de gelatina ecuatoriana.* (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador.

Recuperado de
<https://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/1528>.

5. Chavalie, J. M. (2022). *Control del proceso de producción de la línea de pastillas en la compañía CALBAQ S.A. ubicada en la ciudad de Guayaquil mediante una propuesta de implementación de Key Performance Indicators (KPI'S)*. (Tesis de maestría). Universidad Pontificia Salesiana, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23038>.
6. Del Rosario, E. G. (2021). *Implementación del balance de línea para la mejora de la productividad en las líneas de costura de una empresa de confección - Lima 2020* (Tesis de licenciatura). Universidad Tecnológica del Perú, Perú. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12867/5706>.
7. Delgado, R. U. (2018). *Optimización de la línea de producción de bombones de la Planta Artesanal Don Eli a través de la estandarización de las actividades de los procesos, con la metodología de tiempos y movimientos* (Tesis de maestría). Escuela Pontificia Nacional, Ecuador. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19387>.
8. Fustec, M. (2014). *Manual de operación*. Argentina: Autor.
9. Garcés, D. A., y Castrillón, O. D. (junio, 2017). Diseño de una técnica inteligente para identificar y reducir los tiempos muertos en un sistema de producción. *Información Tecnológica*, 28(3), 718-764. Recuperado de <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v28n3/art17.pdf>.

10. Gonzales, M. A. (2018). *Implementación de herramientas de mantenimiento autónomo para incrementar eficiencia y eliminar perdidas en la planta de producción Mondelez* (Tesis de licenciatura). Universidad Privada del Norte, Perú. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11537/10866>.
11. Mendoza, C. M. (2022). *Implementación del mantenimiento productivo total (TPM) para mejorar la productividad de la rutina de ordeño del Establo Lechero Monteverde, Vilque, Puno, 2022* (Tesis de licenciatura). Universidad César Vallejo, Perú. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/91996>.
12. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala. (2014). *Reglamento tecnico centroamericano RTCA 67.01.33:06*. Guatemala: Autor.
13. Montes S., L. d. (2019). *Diseño de una planta productora de postre de gelatina en polvo para atender la demanda insatisfecha de la empresa Agroinversiones Shalom S.A.C.* (Tesis de licenciatura). Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo, Perú. Recuperado de https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1896/1/TL_MontesSeclenLourdes.pdf.
14. Ponce, A. A. (2018). *Optimización del mantenimiento planeado en una línea de producción de bebidas carbonatadas* (Tesis de licenciatura). Universidad de Piura, Perú. Recuperado de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3460>.

15. Ramirez, T. U. (2022). *Aplicación de la gestión por procesos para la mejora de la eficiencia de envasado en la Empresa Productora de Cerveza, Planta Ate 2021* (Tesis de maestría). Universidad Cesar Vallejo, Perú. Recuperado de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/81944/Ramirez_ZTU-SD.pdf?sequence=8&isAllowed=y.
16. Saavedra, R. F. (2021). *Aplicación de tpm(mantenimiento productivo total), para mejorar la eficiencia en la línea de producción de esparrago verde fresco de la empresa agroindustrial san efisio s.a.c.* (Tesis de maestría). Universidad Cesar Vallejo, Perú.
17. Szkraoko, I. (2021). *Realidad aumentada para la automatización de procesos industriales* (Tesis de especialización). Universidad de Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <http://bibliotecadigital.fi.uba.ar/items/show/18305>.
18. Tuñoque Y., D. O. (2018). *Aplicación de mantenimiento autónomo para incrementar la Eficiencia Global de Equipos (OEE) en una línea de producción de chocolates de Nestlé, 2018* (Tesis de licenciatura). Universidad Cesar Vallejo, Perú. (Recuperado de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/27737/Tu%c3%b1oque_DO.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
19. Vergara T., R. A. (2006). *Metodología de solución para problemas de programación de la producción en empresas con procesos por lotes con equipamiento multipropósito* (Tesis de licenciatura).

Universidad Industrial de Santander, Colombia.
<http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2006/121986.pdf>

14. APÉNDICES

Apéndice 1. Compresores de media presión



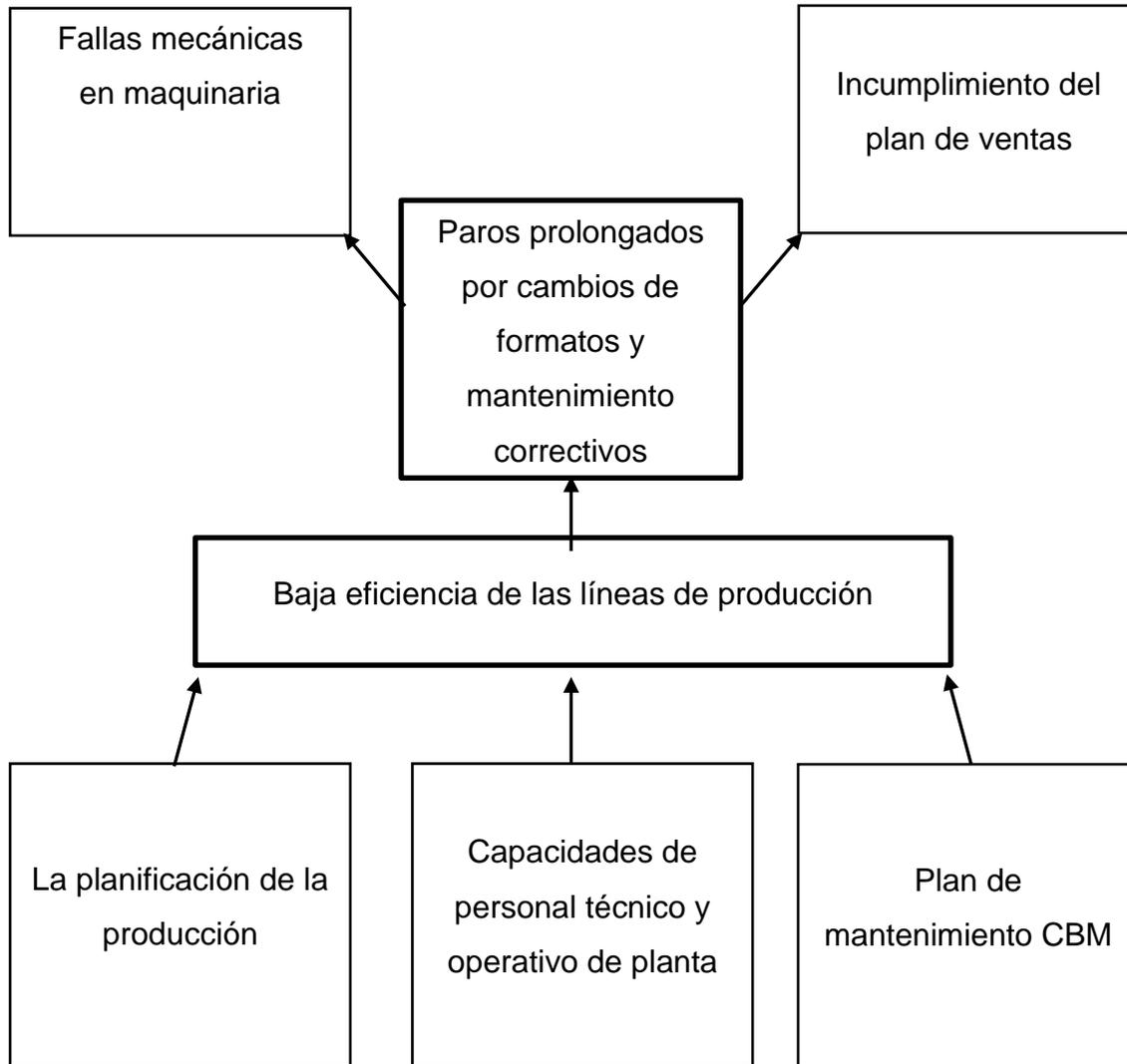
Fuente: [Fotografía de Juan José Suruy]. (Zona 12, Ciudad de Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 2. Maquinas Empacadoras



Fuente: [Fotografía de Juan José Suruy]. (Zona 12, Ciudad de Guatemala. 2022). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 3. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Apéndice 4. Matriz de coherencia

No.	Objetivo	Pregunta	Variable
1	Definir los causales de baja eficiencia en la línea de producción.	¿Cuáles son los causales de la baja eficiencia de la línea de producción de una empresa que se dedica a la fabricación de productos alimenticios?	<ul style="list-style-type: none"> ● Frecuencia de falla en la línea de producción ● Capacidad instalada de producción
2	Clasificar las causas de paro en función de la frecuencia de falla en la línea de producción.	¿Cuáles son las principales causas de paro en la línea de producción en función de la frecuencia de falla de una empresa que se dedica a la fabricación de productos alimenticios?	<ul style="list-style-type: none"> ● Frecuencia de falla ● Principal causa de paro de línea de producción.
3	Comparar las fallas más frecuentes en la línea de producción, en base a la información obtenida en los reportes de control de producción y mantenimiento.	¿Cuál es la diferencia entre la falla más frecuente de la línea de producción antes y después de la implementación de los reportes de control de producción y mantenimiento de una empresa que se dedica a la fabricación de productos alimenticios?	<ul style="list-style-type: none"> ● Frecuencia de falla en la línea de producción. ● La planificación de la producción.
G	Implementar un plan de control de cumplimiento de producción y mantenimiento basado en condición en la línea de producción.	¿Qué plan de control de cumplimiento de producción y mantenimiento basado en condición se puede implementar en la línea de producción de una empresa que se dedica a la fabricación de productos alimenticios?	<ul style="list-style-type: none"> ● Frecuencias de fallas. ● Eficiencia de línea de producción.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Apéndice 5. Toma de datos en campo

Control de Produccion												
Empacadora No.: _____			Producto: _____			Fecha: _____			Operador: _____			
Fecha Vencimiento: _____			Velocidad: _____			Enfardadores: _____						
Hora		Producción (Fardos)			Fallas (minutos)				Bobina (kg)			
De	A	Fardos Teóricos	Fardos Reales	Eficiencia %	Mecánica/Eléctrica	Operacional	Falta de mezcla	Otros	Hora	Peso Inicial	Peso Final	Desperdicio
06:00	07:00	PREPARACION DE MAQUINA										
07:00	08:00											
08:00	09:00											
09:00	10:00											
10:00	11:00											
11:00	12:00											
12:00	13:00											
13:00	14:00											
14:00	15:00											
15:00	16:00											
16:00	17:00	LIMPIEZA DE MAQUINA										
17:00	18:00											
	Total	0	0									
Observaciones:										de desperdicio (de fardos)		
Temperatura Mordazas 2C												
Mordaza Vertical												°C
M. Horizontal Dekantera												°C
M. Horizontal Trasera												°C
Observaciones:												
Observaciones y Recomendaciones de Proceso: _____												

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.