



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO, MEDIANTE LA
METODOLOGÍA AMFEC, PARA DOS CORTADORAS AUTOMÁTICAS TEXTILES
UBICADAS EN UNA MAQUILA EN VILLA NUEVA**

Sophia Gabriela López Pedroza

Asesorado por el Msc. Ing. Jaime Rodolfo Chocoy Cachín

Guatemala, abril de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO, MEDIANTE LA
METODOLOGÍA AMFEC PARA DOS CORTADORAS AUTOMÁTICAS TEXTILES UBICADAS
EN UNA MAQUILA EN VILLA NUEVA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SOPHIA GABRIELA LÓPEZ PEDROZA

ASESORADO POR EL MSC. ING. JAIME RODOLFO CHOCOY CACHÍN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, ABRIL DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. José Luis Antonio Valdeavellano Ardón
EXAMINADORA	Inga. Alba Maritza Guerrero Spinola de López
EXAMINADORA	Inga. Mayra Saadeth Arreaza Martínez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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 DEL PLAN DE MANTENIMIENTO MEDIANTE LA
METODOLOGÍA AMFEC PARA DOS CORTADORAS AUTOMÁTICAS TEXTILES UBICADAS
EN UNA MAQUILA EN VILLA NUEVA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 07 de agosto de 2021.

Sophia Gabriel López Pedroza



EEPFI-PP-0119-2022

Guatemala, 12 de enero de 2022

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Ing. Urquizú

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

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO MEDIANTE LA METODOLOGÍA AMFEC PARA DOS CORTADORAS AUTOMÁTICAS TEXTILES UBICADAS EN UNA MAQUILA EN VILLA NUEVA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gestión del Mantenimiento - Aseguramiento del cumplimiento del programa de mantenimiento**, presentado por la estudiante **Sophia Gabriela López Pedroza** carné número **200815402**, 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. Jaime Rodolfo Chocoy Cachín
Asesor(a)

Jaime Rodolfo Chocoy Cachín
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Colegiado No. 17,073

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



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





EEP-EIMI-0119-2022

El Director de la Escuela Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO MEDIANTE LA METODOLOGÍA AMFEC PARA DOS CORTADORAS AUTOMÁTICAS TEXTILES UBICADAS EN UNA MAQUILA EN VILLA NUEVA**, presentado por el estudiante universitario **Sophia Gabriela Lòpez Pedroza**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

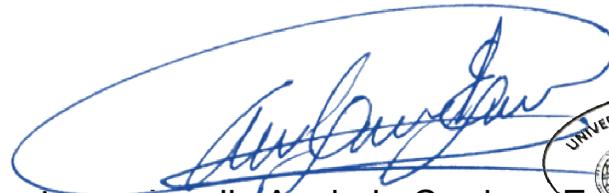
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, enero de 2022

LNG.DECANATO.OI.305.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO, MEDIANTE LA METODOLOGÍA AMFEC, PARA DOS CORTADORAS AUTOMÁTICAS TEXTILES UBICADAS EN UNA MAQUILA EN VILLA NUEVA**, presentado por: **Sophia Gabriela López Pedroza**, 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, abril de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por haberme permitido realizar una más de mis metas.
Mis padres	Mario López y Rosa Pedroza, por haberme traído al mundo y guiado a través de él, mi eterno agradecimiento por su apoyo para hacer realidad este sueño.
Mis hermanos	Silvia, Olga y Josué López Pedroza, por su apoyo y compañía durante mi vida.
Cuñada y sobrinas	Lucrecia Del Cid, Fernanda y Daniela López por sus muestras de cariño.
Familia y amigos	Helen López, Lucy Palacios, por cada consejo en este camino y sus muestras de cariño.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser el alma mater que me permitió nutrirme de conocimientos.
Facultad de Ingeniería	Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.
Texpia III	Por haberme brindado la información necesaria para realizar este diseño de investigación.
Mis amigos	Por haberme acompañado durante la carrera.
Mi asesor	Msc. Ing. Jaime Rodolfo Chocoy Cachín, por haberme guiado durante el trabajo de graduación.
Familia y amigos en general	Por el apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. OBJETIVOS	11
5.1. General.....	11
5.2. Específicos	11
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN	13
7. MARCO TEÓRICO.....	15
7.1. Mantenimiento	15
7.1.1. Mantenimiento correctivo.....	16
7.1.2. Mantenimiento preventivo.....	17
7.2. Plan de mantenimiento	18
7.2.1. Estructura del plan de mantenimiento	19

7.3.	Organización Internacional de Normalización	20
7.3.1.	Norma ISO 55000	21
7.3.2.	Norma ISO 17359	21
7.3.3.	Norma ISO 13380	22
7.4.	Metodología de análisis de modos de falla, efectos y criticidad.....	23
7.4.1.	Análisis de falla RCFA.....	24
7.4.2.	Desarrollo de la metodología de Análisis de Modos de Falla, Efectos y Criticidad	27
7.5.	Cortadora automática para textil marca <i>Bullmer</i>	30
7.5.1.	Tipos de cortadoras automáticas para textil marca <i>Bullmer</i>	31
7.5.2.	Sistema electrónico	35
7.5.2.1.	Panel de control	35
7.5.2.2.	Dispositivos de afilado.....	37
7.5.2.3.	Cámara con láser	38
7.5.3.	Sistema mecánico	38
7.5.3.1.	Fajas	39
7.5.3.2.	Cinta transportadora.....	40
7.5.4.	Sistema Hidráulico	41
7.5.4.1.	Cuchilla.....	41
7.5.4.2.	Sistema de succión	42
7.5.4.3.	Motor de traslado	43
7.6.	Seguridad.....	44
7.6.1.	Generalidades de operación	44
7.6.2.	Paro de emergencia	45
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	49

9.	METODOLOGÍA.....	51
9.1.	Diseño de investigación.....	51
9.2.	Tipo de estudio.....	51
9.3.	Alcance de investigación.....	51
9.4.	Variables e indicadores.....	51
9.5.	Fases de investigación.....	52
9.6.	Muestreo.....	53
9.7.	Resultados esperados.....	53
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	55
11.	CRONOGRAMA.....	57
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO.....	59
13.	REFERENCIAS.....	61
14.	APÉNDICES.....	65
15.	ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de solución	13
2.	Estrategias de mantenimiento	15
3.	Modelo correctivo	17
4.	Modelo para la estrategia de mantenimiento	19
5.	Modelo de proceso de gestión de plan de mantenimiento	20
6.	Factores del sistema que influyen en el monitoreo de condición	22
7.	Aplicabilidad del FMECA y RCM según falla y causa	24
8.	Fallas crónicas frente a fallas esporádicas.....	25
9.	Modos de falla y sus lazos	26
10.	Cortadora automática para textil <i>Bullmer</i> D8002S	31
11.	Cortadora automática <i>Bullmer</i> MFB 8001	32
12.	Cortadora automática para textil <i>Bullmer</i> PROCUT 1800	33
13.	Cortadora automática para textil <i>Bullmer</i> PROCUT D8002S	34
14.	Sistema electrónico	35
15.	Panel de control de la cortadora	37
16.	Cámara con láser	38
17.	Fajas	39
18.	Cinta transportadora.....	40
19.	Cuchilla	42
20.	Motor de traslado	43
21.	Paros de Emergencia.....	46
22.	Botón de emergencia	47
23.	Cronograma	57

TABLAS

I.	Ventajas y desventajas de mantenimiento correctivo	16
II.	Ventajas y desventajas de mantenimiento preventivo	18
III.	Plantilla para análisis de equipo y componentes	27
IV.	Plantilla para análisis de modo de falla y criticidad	28
V.	Plantilla para análisis de causa de falla y criticidad	29
VI.	Características técnicas MFB8001	32
VII.	Características técnicas <i>Bullmer</i> PROCUT 1800.....	33
VIII.	Características técnicas <i>Bullmer</i> PROCUT D8002S.....	34
IX.	Variables e indicadores.....	52
X.	Presupuesto de la investigación	60

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
h	Horas
=	Igual que
m	Metro
m^3	Metro cúbico
m^3/s	Metro cúbico por segundo
mm	Milímetro
mg	Miligramo

GLOSARIO

AMFEC	Análisis de Modos de Falla, Efectos y Criticidad.
CNIC	Centro nacional de investigaciones de Cuba.
IEC	<i>International Electrotechnical Commission.</i>
ISO	International Organization.
KPI	<i>Key Performance Indicators.</i>
NRP	Número de Ponderación del Riesgo.
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Action.</i>
Policosanol	Mezcla natural de alcoholes de cadena larga extraídos de plantas cerosas.
RCFA	Método para evaluar causa raíz.
RCM	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.
SAE	<i>Society of Automotive Engineers.</i>
Tensión	Diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, medida en Voltios.

RESUMEN

Actualmente la industria textil en Guatemala exporta cerca del 90 % de lo produce, generando la necesidad de automatizar los procesos para obtener más beneficios y ser competitivos en el mercado internacional. Para garantizar un nivel eficiente de los equipos automatizados es necesario generar procedimientos de mantenimiento para evitar daños a mediano y largo plazo, control de presupuesto, paros de producción, entre otros.

Debido a que existe escasa investigación sobre funcionamiento y mantenimiento de la cortadora automática marca *Bullmer* dentro de la industria textil en Guatemala, en ciertas ocasiones durante su ejecución ha presentado fallas que merman su capacidad productiva o incluso paros intermitentes.

El presente diseño de investigación busca establecer lineamientos para un plan de mantenimiento, que inicia con la recopilación de datos para analizar el comportamiento de modos de falla, causa raíz, tipos de efectos y consecuencias que estos generan en el activo y producto. Así como el uso de herramientas estadística para validar el desempeño de estos.

1. INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación se constituye como una sistematización para definir un plan de mantenimiento basándose en la técnica de análisis de modos de falla, efectos y criticidad de dos cortadoras automáticas para textil en una maquila en Villa Nueva.

Las cortadoras automáticas presentan oportunidad de mejora en la confiabilidad y disponibilidad, tras ser las únicas cortadoras dentro de la planta deben realizar su proceso de corte eficientemente para alimentar las líneas de producción por lo tanto es importante evitar fallas en los subsistemas, ya que repercutiría directamente en la producción. La sistematización de un plan de mantenimiento garantizará un mejor manejo de los recursos, disponibilidad de activos, programación para mantenimiento basada en historial de comportamiento y gestión de control de repuestos.

En el capítulo uno de la investigación se recopiló la información para el marco teórico, en él se definieron los conceptos claves de mantenimiento desde su clasificación hasta los métodos adecuados para estructurar un plan basado en el desarrollo de la metodología AMFEC. El cual consiste en el análisis de causa raíz de las fallas hasta el comportamiento de los modos de falla y criticidad de los subsistemas de las cortadoras automáticas para textil.

En el capítulo dos se hará con el desarrollo de investigación, iniciando con el reconocimiento de los principales sistemas y componentes de la cortadora automática textil marca *Bullmer*, aplicación de técnica V.O.S.O, entrevistas,

recopilación de datos en cuanto a las fallas y aplicación de estadísticas para analizar su comportamiento.

En el capítulo tres se hará la presentación de los resultados obtenidos luego de realizar revisión de material soporte aplicando la misma metodología bajo distintas perspectivas, estructuración de indicadores claves de desempeño.

En el capítulo cuatro se hará la discusión de resultados basado en los monitoreos de falla y condición de los activos a lo largo de esta investigación. Dando a conocer el impacto que genera el ejecutar técnicas precisas de acuerdo al comportamiento del equipo.

2. ANTECEDENTES

Existen diversos trabajos de investigación que se basan en la aplicación de la técnica de Análisis de Modos de Falla, Efectos y Criticidad, los cuales ayudarán como soporte para la presente investigación. A continuación, se mencionan algunos que aportan información importante:

Teherán, (2021) busca hacer eficiente el plan de mantenimiento para Motores Caterpillar 3512 realizando el análisis a partir del diseño, funciones, fallas/efectos que están generando, jerarquización y brindar recomendaciones de acuerdo al comportamiento de los datos analizados. Las tareas de mantenimiento seleccionadas se enfocan en fallas con mayor criticidad y riesgos, estos pueden ser humanos, al medio ambiente, servicio y proceso. El resultado obtenido ayuda a la disminución de costos, ejecución de procesos cortos, disponibilidad y confiabilidad del motor propulsor. El aporte metodológico es la selección de tareas de mantenimiento por condición, reacondicionamiento, reemplazo, fallas ocultas, entre otros.

Por su parte, Herrera (2017) ejecutó un estudio en el Centro Nacional de Investigaciones Científicas de Cuba (CNIC) enfocado al análisis de riesgo y sistemas para establecer programa de mantenimiento de los activos con alta criticidad. De acuerdo al estudio, las técnicas de identificación de riesgos pueden clasificarse en comparativos que suele ser un método empírico basados en la experiencia utilizando herramientas como *checklist* o historiales y los fundamentales que son procesos estructurados que necesitan un análisis más profundo como análisis de modos de falla y efectos, análisis de tareas, entre otros.

Dentro de los resultados se puede destacar el mapeo del análisis de riesgo de la empresa y tareas bajo el concepto de riesgo residual. Implementando la *Norma Internacional Electrotechnical Comisión 60812 (IEC)*, AMFEC, Norma IEC 60300-3-1 e IEC 61025. El aporte metodológico de la investigación es la ruta de lineamientos establecido desde la criticidad del sistema hasta las medidas de control.

Herrera y Duany, (2017) presentaron una investigación sobre la validación de procesos con análisis inicial de criticidad aplicado a la obtención del principio activo policosanol. A través de la identificación de activos, sistemas y procesos esenciales estableciendo jerarquía de estos. El método utilizado se basó en la combinación de técnicas como métodos comparativos, diagramas lógicos de fallas, estudio de riesgo y operatividad, análisis de modo de falla y efecto, criticidad, Ishikawa entre otros. El resultado obtenido es la generación de un plan de validación para 3 máquinas en específico. El aporte metodológico es la ruta de evaluación de matriz de riesgo y criterios de aceptabilidad.

Aguilar, Torres-, y Magaña. (2010) presentan una investigación sobre la metodología AMFEC para seleccionar un programa de mantenimiento ya sea preventivo, predictivo o correctivo al identificar los riesgos de mayor criticidad en una planta endulzadora de gas. Los lineamientos para plantear una metodología robusta parten del diseño, el estudio de sus funciones, tipos de falla, efectos/consecuencias, jerarquización del riesgo. El resultado final es la identificación de las fallas que representan un riesgo menor, medios y mayor tanto al activo humano, instalaciones y producción. El aporte metodológico de la investigación es la selección de tareas de mantenimiento, el cual detalla los requerimientos de modos de falla resultantes de la endulzadora de gas siguiendo los instrumentos y parámetros en la Norma *Society of Automotive Engineers JA-1011/1012 (SAE)*.

La investigación de Gardella, (2010) utilizó la metodología RCM a través del AMFEC y mantenimiento preventivo, predictivo en industrias de proceso. Al realizar la investigación se identificó que la confección del AMFEC debe ser a través de bases de datos de modos de fallos para distintos activos, con el Número de Ponderación del Riesgo (NPR) y detectabilidad. El aporte metodológico de la investigación se basa en la obra de John Moubray cuyo contenido describe la implementación del Metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el área de corte se encuentran 9 mesas para proceso de tendido quienes alimentan con trabajo a las dos cortadoras automáticas textiles. Para realizar el proceso de corte automático se requiere que la mesa este completa con un tendido y trazo a escala. El accionamiento del proceso se realiza a través del tablero de control activando la función de succión para compactar el tendido sobre la mesa de corte. Al momento de realizar la operación se ha detectado cambios de velocidad corte, movimiento en cuchilla, fuerza succión o tensiones reduciendo la disponibilidad de las cortadoras automáticas textiles en el área.

El problema será abordado en base al análisis de criticidad y falla de las máquinas cortadoras automáticas. Se ha detectado como causa raíz que no hay seguimiento de historial de fallas, procesos extensos para adquirir repuestos o mantenimiento de máquinas y oportunidad de mejora en el expertis del manejo de sistemas de control. Estas causas generan los siguientes efectos en el funcionamiento de las dos cortadoras automáticas falta de determinación de equipo, falta de disposición de repuestos y mantenimiento correctivo continuo.

Esto lleva a plantear la pregunta principal de este estudio: ¿Qué plan de mantenimiento se puede diseñar mediante la metodología AMFEC para la adecuada operación dos cortadoras automáticas textiles utilizadas en una maquila?

- ¿Cuáles son las condiciones de operación de dos cortadoras automáticas textiles a la fecha de investigación?

- ¿Cuáles son las condiciones adecuadas de operación y funcionamiento de dos cortadoras automáticas textiles?
- ¿Cuál es secuencia de la metodología AMFEC aplicada al monitoreo de dos cortadoras automáticas textiles?

4. JUSTIFICACIÓN

La instalación de cortadoras automáticas de textil marca *Bullmer*, dentro de la industria de la maquila es considerada tecnología reciente, la cual impacta en la eficiencia de las áreas de corte y líneas de ensamble.

Los aportes esperados en esta investigación son, definir un plan de mantenimiento para las cortadoras automáticas de textil marca *Bullmer*, realizar listas de verificación que validan la condición de estas, elaborar diagramas de criticidad que relacionan falla, defecto y riesgo. Así como minimizar la cantidad de paros no programados a través de lineamientos rutinarios de inspección, medición del equipo y lista de recomendaciones técnicas para la futura operación. Garantizando la disponibilidad y confiabilidad de las cortadoras automáticas de textil marca *Bullmer*.

La investigación tendrá como beneficiario directo al departamento de mantenimiento y gerencia, minimizando la cantidad de paradas no programadas de las cortadoras automáticas de textil marca *Bullmer*, mejorar el nivel de vida de los activos, inversión optima de paneles a las líneas de ensamble, reducción de los tiempos improductivos del personal y costo de subcontrato por mantenimiento correctivo.

El alcance de la investigación beneficiará a las maquilas que posean cortadoras automáticas de textil y no cuenten con un programa de mantenimiento específico bajo las condiciones particulares de esta industria.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Diseñar un plan de mantenimiento mediante la metodología AMFEC para dos cortadoras automáticas textiles ubicadas en una maquila en zona 4 Villa Nueva.

5.2. Específicos

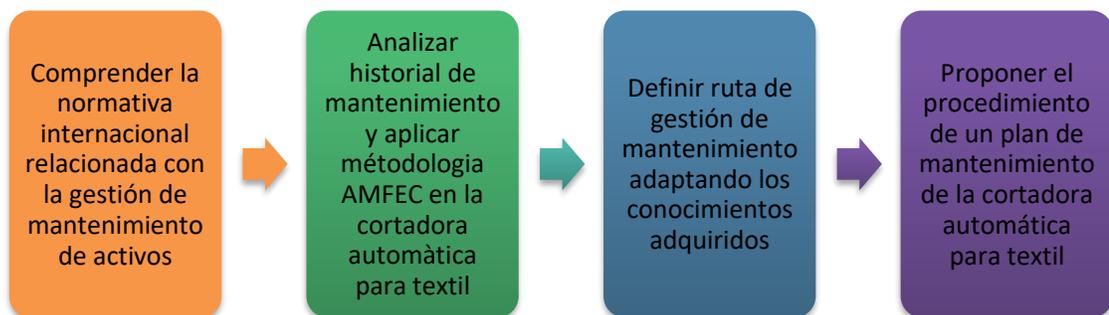
- Determinar las condiciones de operación de dos cortadoras automáticas textiles a la fecha de investigación.
- Establecer las condiciones adecuadas de operación y funcionamiento de dos cortadoras automáticas textiles.
- Identificar la secuencia de metodología AMFEC aplicada al monitoreo de la operación de dos cortadoras automáticas textiles.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN

La implementación de nuevas tecnologías en la industria manufacturera de prendas de vestir, es más común debido a la necesidad de ser más competitivos a nivel mundial logrando satisfacer la demanda y expectativas de los clientes.

Estos equipos con tecnologías recientes suelen presentar fallos que requieren precisión para ser solucionados. De otra forma suelen generar pérdidas materiales y económicas. A continuación, se diseña un esquema de solución a implementar.

Figura 1. **Esquema de solución**



Fuente: elaboración propia.

La cortadora automática para textil es tecnología alemana y fue diseñada para aumentar la eficiencia en el proceso de corte de paneles para distintos tipos de tela. Actualmente se cuenta con un manual que contiene instrucciones del

equipo en el idioma inglés, esto es una limitante para una adecuada operación técnica de la *Bullmer*.

Surgiendo la necesidad de investigar a detalle sobre la gestión de mantenimiento de equipos para establecer lineamientos específicos para la cortadora automática textil.

Para ello se recopilará información del historial de fallas que genera la *Bullmer*, analizando el comportamiento de estas, sus efectos y el impacto que tienen en el activo a través de una matriz de riesgo. Y con esta información poder segmentar riesgos de mayor, mediano y bajo impacto.

Al identificar las fallas con alto riesgo se realizará una lista de verificación, para monitorear el comportamiento de la falla, acciones correctivas y seguimiento al proceso. Estableciendo cada paso que debe cumplir el personal técnico.

De acuerdo con los parámetros ejecutados se proporcionará un plan de mantenimiento adecuado para la empresa obteniendo reducción de costos, mejora en la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

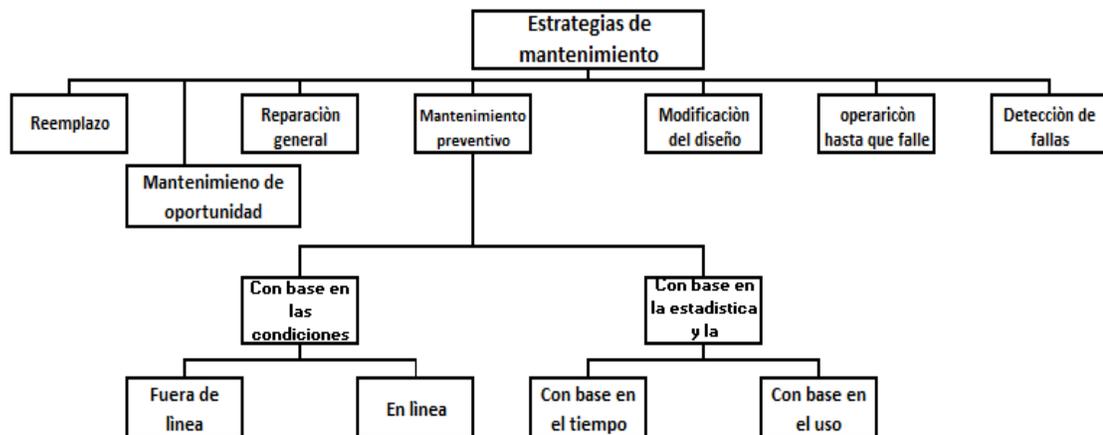
7. MARCO TEÓRICO

7.1. Mantenimiento

El autor define al mantenimiento como el obtener un alto rendimiento y disponibilidad de los activos e instalaciones a través de técnicas físicas basadas en la operación y organización (Garrido, 2003).

Dando a conocer la evolución que ha enfrentado el mantenimiento de acuerdo a las exigencias que se presentan en cada época de la industria. Existen varios tipos de mantenimiento, sin embargo, para fines de este estudio de investigación se enfocará en el mantenimiento correctivo y preventivo.

Figura 2. Estrategias de mantenimiento



Fuente: Duffuaa. (2012). *Sistemas de mantenimiento planeación y control*.

7.1.1. Mantenimiento correctivo

Villada (1998), define que el mantenimiento correctivo como aquel que se ejecuta cuando un equipo, no está apto para operar y llega a parar la producción dentro de una planta en lapsos pequeños o prolongados. Este tipo de mantenimiento no puede eliminarse por completo, pero es necesario minimizarlo aplicando técnicas de planeación contemplando mano obra, aditamentos y tiempos.

El mantenimiento correctivo se caracteriza por tener una baja planificación al ejecutar todas las actividades de mantenimiento, ya que generalmente se realiza en tiempo real cuando el equipo presenta falla o incluso puede ser un paro del equipo, se conoce como “estrategia de operación hasta que falle” (Duffuaa, 2012, p. 33)

Tabla I. **Ventajas y desventajas de mantenimiento correctivo**

Ventajas	Desventaja	Aplicaciones
Su estructura y capacidad es más simple	Las fallas pueden presentarse en cualquier momento	Cuando el costo total de paradas por fallo sea menor que realizar un mantenimiento preventivo
La vida útil de los activos es aprovechada al máximo	Pueden presentarse fallas donde los repuestos sean difíciles de adquirir	En sistemas secundarios que no afectan la producción, como máquinas comodín que no se utilizan constantemente

Fuente: Navarro. (2004). *Técnicas de mantenimiento industrial*.

Figura 3. **Modelo correctivo**



Fuente: Garrido. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*.

7.1.2. **Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo va desde analizar los equipos o piezas para cambios o calibraciones. Así como el establecimiento de periodos específicos de mantenimiento para cada activo. La ejecución correcta de mantenimiento basado en las características y funcionamiento de los equipos. Hasta la selección de personal capaz para desarrollar dichas actividades.

Álvarez, (1979) menciona que un programa de mantenimiento preventivo debe establecer una serie de inspecciones, calibraciones y cambios de aditamentos de la maquinaria. Con el fin de minimizar la posibilidad de fallo y prolongar su vida útil. Desarrollando las siguientes interrogantes. ¿Qué debe hacer?, ¿Cuándo se debe hacer?, ¿Cómo se debe hacer?, ¿Quién debe hacerlo? Puesto que el mantenimiento preventivo debe ir un paso delante de los procesos o percances que surgen diariamente.

Tabla II. **Ventajas y desventajas de mantenimiento preventivo**

Ventajas	Desventaja	Aplicaciones
Se puede ejecutar sin interrumpir el funcionamiento de los activos	Alto nivel de capacidad por parte del personal	Activos, Motores
Mejor control del estado de los equipos	Pueden presentarse fallas donde los repuestos sean difíciles de adquirir	Sistema eléctrico

Fuente: Navarro. (2004). Técnicas de mantenimiento *industrial*.

7.2. Plan de mantenimiento

Garrido, (2003) indica que un plan de mantenimiento presenta las tareas que se deben realizar dentro de las instalaciones con el fin de garantizar la disponibilidad y confiabilidad de cada activo.

Es importantes saber que un plan de mantiene esta continua modificación, después de analizar los problemas persistentes en los indicadores.

Fases del plan:

- Realizar subdivisiones de las áreas
- Inventario de activos
- Cada activo debe ser analizado por elemento
- Codificación por área, equipo, función

- Seleccionar el modelo de manteniendo que se adapte al requerimiento de la empresa

7.2.1. Estructura del plan de mantenimiento

Este se divide en 2 fases:

La primera fase es determinar la estrategia de mantenimiento

- Objetivos de mantenimiento que deben ser compatibles con los objetivos generales y específicos de la organización en cuestión.
- Conocer el desempeño real de las instalaciones.
- *KPI*'s claves para información necesaria.
- Lineamientos para poder implementar las estrategias y seguimiento al proceso *PDCA*.

Figura 4. Modelo para la estrategia de mantenimiento

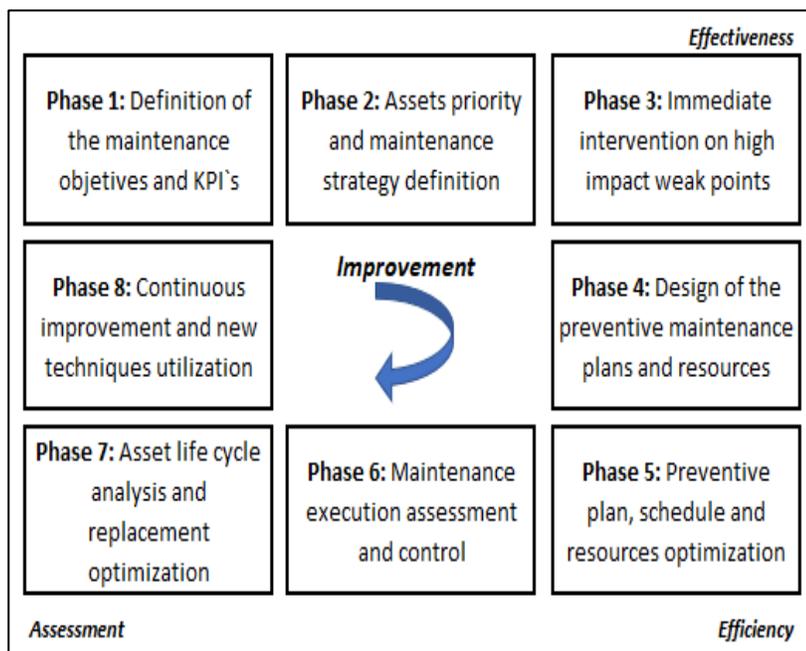


Fuente: Márquez. (2007). *The maintenance management framework*.

La segunda fase es implementar la estrategia, al definir los objetivos de mantenimiento los cuales deben tener compatibilidad con objetivos generales y específicos de la empresa.

En otras palabras, al transformar las prioridades de mantenimiento en la empresa se deben planificar metas a corto plazo para contrarrestar aquellos puntos débiles en el mantenimiento de los activos (Parra y Marquez, 2012).

Figura 5. **Modelo de proceso de gestión de plan de mantenimiento**



Fuente: Márquez. (2007). *The maintenance management framework*.

7.3. Organización Internacional de Normalización

Es una organización mundial compuesta por miembros o comités que se encargan de establecer normas internacionales estándar. ISO trabaja muy de

cerca de la comisión electrónica internacional (Organización Internacional de Normalización, 2018).

7.3.1. Norma ISO 55000

Esta norma introduce a los interesados en el campo de la gestión de activos, sentando sus bases en dos normas que la complementan, la ISO 51000 y la ISO 55002. Se enfoca principalmente en activos físicos y para todo tipo de organizaciones.

Define conceptos claves sobre la importancia de un activo dentro de organización y el manejo eficiente que se debe generar con cada uno de ellos. Bajo el concepto de mejora continua planear-hacer-verificar-actuar. (Organización Internacional de Normalización, 2014).

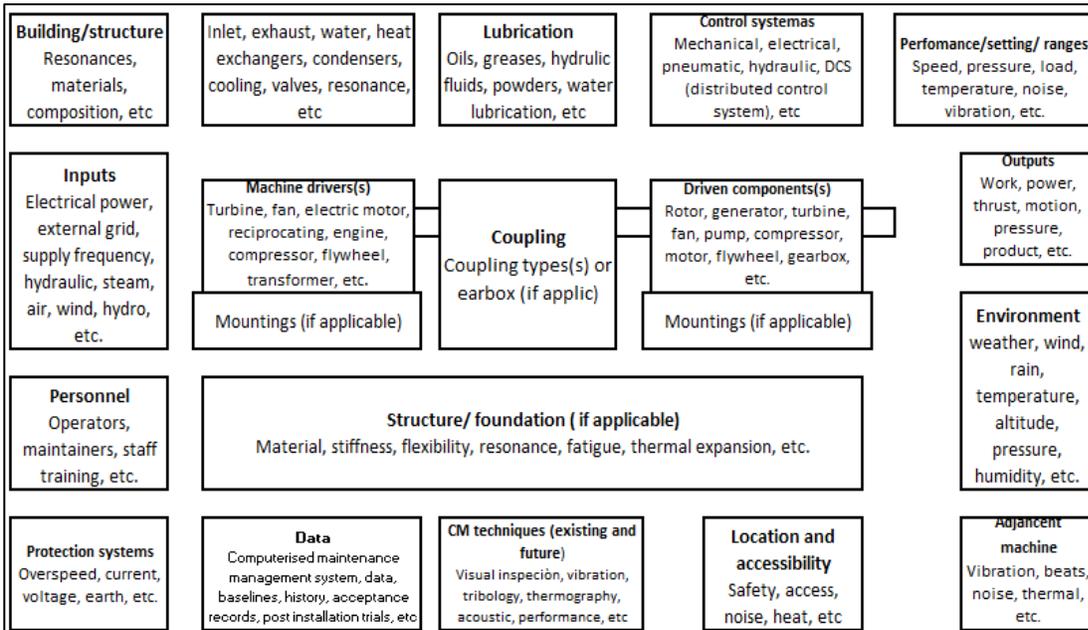
7.3.2. Norma ISO 17359

Esta norma establece parámetros que se utilizan para determinar la condición de las máquinas basándose en el desempeño y calidad del producto. El matiz principal es el monitoreo de condición estableciendo programas generales para cualquier tipo de activo.

Inicia describiendo un proceso general para implementar un monitoreo de condición, identificación de equipos, auditorias de confiabilidad, técnicas de monitoreo, análisis de información y acciones de mantenimiento.

Da a conocer la importancia de ejecutar la metodología AMFEC para identificar la condición de falla comparado con un parámetro establecido (Organización Internacional de Normalización, 2018).

Figura 6. Factores del sistema que influyen en el monitoreo de condición



Fuente: ISO. (2018). *Condition monitoring and diagnostics of machine*.

7.3.3. Norma ISO 13380

Bajo parámetros de la norma ISO 17359, la siguiente fuente proporciona lineamientos para realizar un diagnóstico efectivo de los equipos a través de registros que deben incluir información vital como código, tipo, como es accionado, velocidad, potencia, fecha, hora, lugar, valor de medición, unidades, calibración, velocidad de medición entre otros. Así como evaluaciones, ponderaciones y diagnósticos que incluyen validación continua de los componentes. (Organización Internacional de Normalización, 2002)

7.4. Metodología de análisis de modos de falla, efectos y criticidad

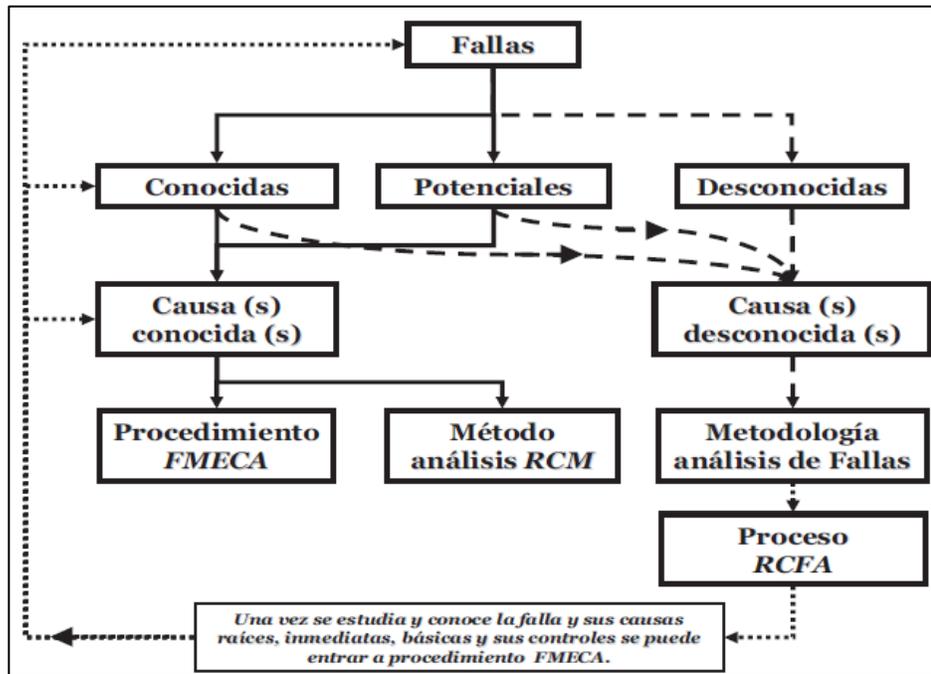
Esta metodología se basa en la funcionalidad de los activos para determinar modos de falla que son jerarquizados, posterior a analizar modos de fallas utilizando herramientas de mejora continua, que permite elaborar tareas para validar constantemente el mantenimiento.

Para realizar un buen diagnóstico de causas se debe estudiar los síntomas del problema del equipo basado en la recolección de datos para formular teorías, entre las herramientas que generalmente se utilizan están los diagramas de flujo, gráficos de control, pareto, histograma, Ishikawa y hojas de verificación (Arata, 2005).

Navarro, (2004) indica que este método es inductivo y cualitativo el cual permite analizar un sistema, estableciendo los tipos de fallas, causas, consecuencia y acciones concretas para evitarlos. Continúa describiendo la forma como se debe organizar la información recopilada en cada fase y la valoración de los parámetros establecidos.

La severidad, ocurrencia y probabilidad son lineamientos bajo los que opera la metodología AMFEC.

Figura 7. Aplicabilidad del FMECA y RCM según falla y causa



Fuente: Mora. (2009). *Mantenimiento, planeación, ejecución y control*.

7.4.1. Análisis de falla RCFA

El análisis de causa raíz de las fallas (RCFA) busca eliminar las causas y no solo los síntomas de las fallas a través del mapeo arboles de causas de fallas, que permite presentar la secuencia de los procesos y dar solución.

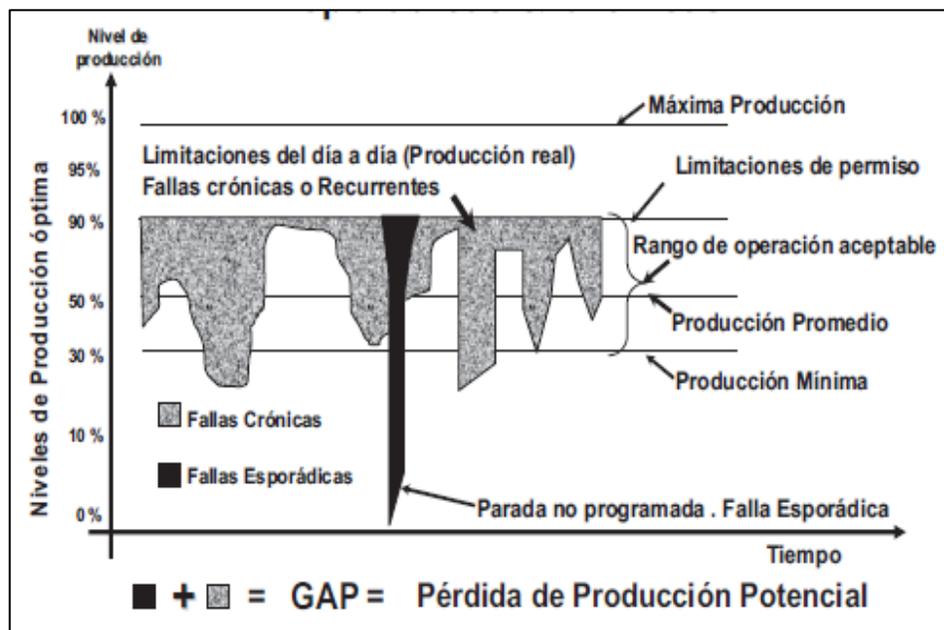
La clasificación de las fallas de acuerdo al RCFA:

- Crónicas: la brecha de no funcionalidad o productividad en tiempo total es mayor a la de las esporádicas. Se considera que estas son frecuentes, no dramáticas y prácticas de corregir. No obstante, suelen ser difíciles de controlar, afectando directamente a la producción y mantenimiento.

- **Esporádicas:** período de no funcionalidad es corto, sin embargo, es necesario prestar atención al impacto que estas ejercen dentro de una empresa, en algunas ocasiones no hay consecuencias en el mantenimiento o producción ya que al eliminar la falla su funcionamiento será el habitual. Es improbable que una falla esporádica se genere paralela a otra.

Al ejecutar un análisis de causa raíz de las fallas continuas o crónicas y realizar un control de estas, maximiza la productividad, rentabilidad y desempeño, al utilizar métodos causa raíz, esto no suele contemplarse en las esporádicas. (Mora, 2009)

Figura 8. **Fallas crónicas frente a fallas esporádicas**

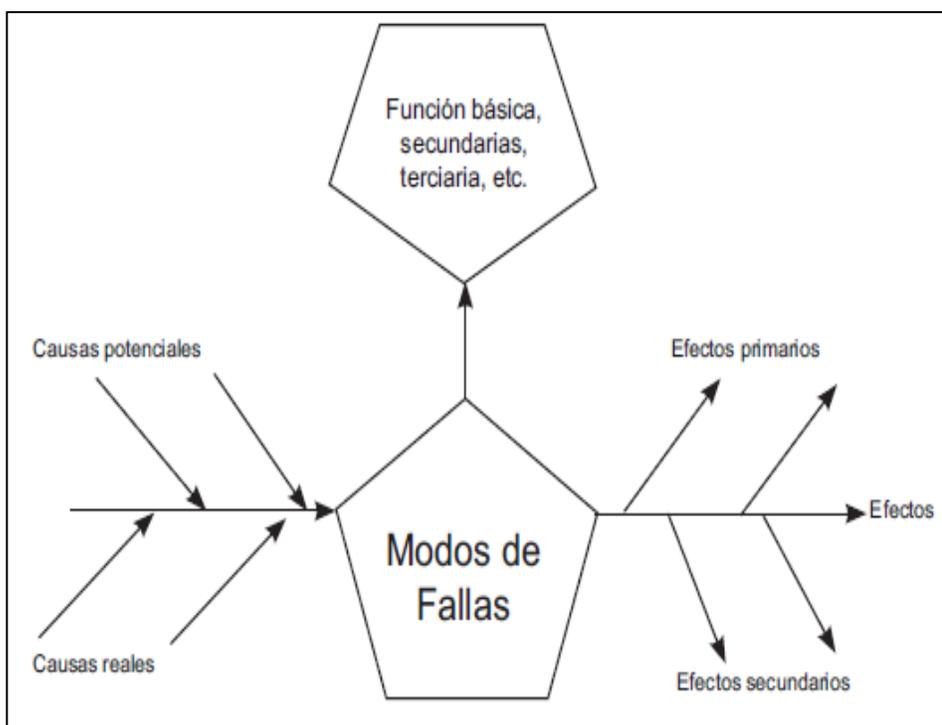


Fuente: Mora. (2009). *Mantenimiento, planeación, ejecución y control*.

La técnica de análisis de falla busca eliminar o reducir los riesgos asociados a través de un proceso sistemático que delimita aquellas fallas potenciales o reales del diseño del activo, por tiempo de funcionamiento y proceso al que es sometido. Llevando un registro de las tareas proactivas y correctivas que reducen o elimina estas fallas (Mora, 2009).

El RCFA es un sistema lógico se debe realizar bajo la perspectiva de relación de la causa y efecto, para establecer un planteamiento apropiado, desarrollo del análisis correcto, métodos basados en la particularidad del proceso y la implementación de soluciones o métodos de control adecuados.

Figura 9. **Modos de falla y sus lazos**



Fuente: Mora. (2009). *Mantenimiento, planeación, ejecución y control*.

7.4.2. Desarrollo de la metodología de Análisis de Modos de Falla, Efectos y Criticidad

Permite recopilar estratégicamente la información de aquellos componentes críticos para diseñar un plan de mantenimiento para el equipo, puede clasificarse en cuatro grupos, primero se debe determinar el equipo crítico el cual debe ser descompuesto en pequeñas fracciones para su posterior análisis con el fin de individualizar el tipo de falla y la criticidad que estos presenten para realizar un análisis de las posibles causas (Arata, 2005).

Inicia al conocer aquellas fallas potenciales y reales describiendo los modos de falla que se pueden presentar al poseer un dominio completo de la funciones principales y auxiliares de los componentes de la maquinaria en cuestión.

Fases para desarrollar AMFEC: inicia al detallar las funciones primarias y secundarias las primeras dan a conocer la función principal de la adquisición de un equipo y secundarias son llamadas funciones de apoyo que trabajan en conjunto para dar soporte al cumplimiento de las primeras. Posterior a esto se deben identificar las fallas potenciales y reales, conociendo cada detalle que provoco fallas primarias / secundarias no importando si son reales o potenciales.

Tabla III. **Plantilla para análisis de equipo y componentes**

Empresa		Departamento					
Equipo		Operación					
Código	Nivel I	Código	Nivel II	Código	Nivel III	Código	Nivel IV

Fuente: Arata. (2005). *Manual de gestión de activos y mantenimiento.*

Al definir los modos de falla es necesario llevar un registro de todas las fallas factibles, para ejecutar operaciones de mantenimiento que minimicen o las eliminen. Se pueden presentar de forma física, humana, por desgaste, entre otros.

Tabla IV. **Plantilla para análisis de modo de falla y criticidad**

Subsistema								
Código	N. de elementos	Tipo de falla subconjunto	Frecuencia	Efecto sobre máquina	Efecto sobre producto	Reparación provisoria	Tiempo de detención (hrs)	Indisponibilidad (hrs/año)

Fuente: Arata. (2005). *Manual de gestión de activos y mantenimiento*.

Existe una clasificación de los modos de fallas de acuerdo al comportamientos o resultados que tenemos:

- Completa: el sistema o equipo deja de funcionar totalmente.
- Parcial: hay restricciones al operar.
- Intermitente: existe discontinuidad al presentarse la falla, generalmente es difícil de realizar análisis causa raíz debido a su comportamiento.
- Con el tiempo: esta presenta en cada activo puede ser debido al uso, desgaste o abuso.

- Sobre desempeño: las capacidades del equipo suelen utilizarse de forma incorrecta.

Luego se debe evaluar qué tipo de efectos y consecuencias tienen los modos de falla presente al estimar el impacto que generan en la organización, componentes y máquinas a través de la clasificación de las consecuencias por categoría como fallas ocultas las no actúan directamente, pero tienen la capacidad de generar consecuencias desastrosas, las ambientales y seguridad estiman la contaminación, leyes, accidentes, explotación entre otras las operacionales contemplan la eficiencia de proceso, calidad, reprocesos, atención al cliente y las no operacionales que son los costos de reparaciones.

Tabla V. **Plantilla para análisis de causa de falla y criticidad**

Código	Subsistema						
	Criticidad del proceso	Índice de criticidad	Tipo de falla componentes	Parte de repuesto	Código de repuesto	Síntomas observables	Síntomas externos

Fuente: Arata. (2005). *Manual de gestión de activos y mantenimiento*.

Por último, se debe estimar nuevamente el número de ponderación del riesgo través de evaluación severidad, probabilidad y posibilidad: para jerarquizar

las tareas correctivas o proactivas y gestionar adecuadamente las fallas, se hace bajo la norma IEC 60812 utilizando el Número Probabilístico de Riesgo (NRP).

$$\text{NRP: } S \cdot O \cdot D$$

S: severidad D: probabilidad de detección

O: posibilidad de ocurrencia

Luego de determinar el RPN se deben definir las acciones correctivas, ejecutar lo planificado y dar seguimiento al cálculo del RPN para replantear nuevas acciones. (Mora, 2009)

7.5. Cortadora automática para textil marca *Bullmer*

Este tipo de máquinas son una solución para las industrias que se dedican a la confección textil, ya que una de sus principales operaciones es el corte de múltiples capas de tela en tiempo prudencial. Existen cortadoras automáticas para distintos tipos de telas livianas y pesadas pero su finalidad es mantener un nivel alto de rendimiento generando mayor productividad, precisión, confiabilidad, eficiencia y ahorro en de cada corte sin importar la composición de la tela. Ofrece un bajo mantenimiento, fácil operación y rentabilidad.

Figura 10. Cortadora automática para textil **Bullmer D8002S**



Fuente: [Fotografía de Sophia López] (Villa Nueva. Año 2021. Archivo personal. Villa Nueva, Guatemala.

7.5.1. Tipos de cortadoras automáticas para textil marca **Bullmer**

Los avances industriales alrededor de todo el mundo cada día exigen nuevas tecnologías para eliminar desperdicios innecesarios en tiempo, mano de obra, materiales entre otros. Por tal motivo la casa matriz *Bullmer* presenta diferentes tipos de cortadoras que se acoplen a las características de toda industria.

- Cortadora automática *Bullmer* MFB 8001

Posee herramientas que completan las características de otros modelos como rotulador los cuales permiten marcar automáticamente cada bloque que será de utilidad para los procesos posteriores y ultrasonido. Con un sistema de configuración para 4 ejes (X, Y, Z, C).

Tabla VI. **Características técnicas MFB8001**

Ancho de trabajo	1600/1800/2000 mm
Largo general	Cualquiera
Máximo espacio	80 mm
Max. Posición de velocidad	60 m/min
Voltaje	230/400 V, 50 HZ

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Cortadora automática *Bullmer* MFB 8001**



Fuente: Bullmer. (s.f). *Bullmer cutting room technology*. Consultado el 10 de septiembre de 2021. Recuperado de <http://www.bullmer.com.cn/upload/202009/16/202009161451424736.pdf>.

- Cortadora automática para textil *Bullmer PROCUT 1800*

Enfocado a las industrias para realizar vestimenta y tapicería. Es de fácil programación y amigable con el operador. El espacio de trabajo no debe ser muy grande.

Tabla VII. **Características técnicas *Bullmer PROCUT 1800***

Ancho de trabajo	1800/2200 mm
Largo de ventana de corte	1800 mm
Longitud zona limpieza	Ca. 1850 mm
Max. Posición de velocidad	60 m/min
Max. Aceleración	1 g
Altura màx. de corte	80 mm
Voltaje	230/400 V, 50 HZ

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Cortadora automática para textil *Bullmer PROCUT 1800***



Fuente: Bullmer. (s.f). *Bullmer cutting room technology*. Consultado el 10 de setiembre de 2021.
 Recuperado de <http://www.bullmer.com.cn/upload/202009/16/202009161451424736.pdf>.

- Cortadora automática para textil *Bullmer* PROCUT D8002S.

Su principal objetivo el aumentar la producción del departamento de corte y a su vez disminuir la intensidad de trabajo que se pueda presentar, garantizando la calidad en cada corte.

Tabla VIII. **Características técnicas *Bullmer* PROCUT D8002S**

Ancho de trabajo	
Largo de ventana de corte	1800 / 2500 mm
Longitud zona limpieza	Ca. 1850 mm
Max. Posición de velocidad	100 m/min
Max. Aceleración	1.2 g
Altura màx. de corte	80 mm
Voltaje	400 V, 60 HZ

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Cortadora automática para textil *Bullmer* PROCUT D8002S**



Fuente: Bullmer. (s.f) *Bullmer cutting room technology*. Consultado el 10 de septiembre de 2021.
 Recuperado de <http://www.bullmer.com.cn/upload/202009/16/202009161451424736.pdf>.

7.5.2. Sistema electrónico

Conjunto de circuitos electrónicos que trabajan de forma paralela los cuales se dividen en:

- Entradas: sensores electrónicos o mecánicos que toman señales enviados y las convierten en señales de corriente o voltaje.
- Circuitos de procesamiento: piezas electrónicas que interactúan para interpretar, manipular y transformar las señales de voltaje.
- Salidas: dispositivos que convierten las señales de corriente en física.
(Marcos, 2021)

Figura 14. Sistema electrónico



Fuente: elaboración propia.

7.5.2.1. Panel de control

Para iniciar el proceso de corte en la máquina se deben conectar el interruptor y el control que se encuentra desbloqueado por motivos de seguridad. Las funciones del panel de control pueden activarse desde este o utilizando el sistema software.

- Parada de emergencia: su función principal es suspender automáticamente las actividades de la máquina, su color rojo permite una fácil visualización para el personal técnico.
- Control de desbloquear: permite que la máquina realice sus funciones sin ninguna interferencia.
- Control para bloquear: al momento de estar activa la función el sistema entre en proceso de reposo y no puede activarse.
- Activar cuchilla abajo y arriba: función manual, el técnico debe dar dirección a la cuchilla para que se sumerja o suba de acuerdo a lo que se necesite, generalmente es utilizado al momento de hacer cambio de cuchilla para evitar sobrecalentamiento o cortes inexactos.
- Cortes laterales: función en estado automático, personal técnico lo utiliza para realizar cortes laterales en los tendidos.
- Succión: el técnico que opera en la plataforma acciona este botón generando un proceso de vacío o succión al tendido que pasa por la banda transportadora provocando que estos sean más fáciles de manipular por la maquina automática de textil.
- Encender o apagar operación manual: permite que el técnico encienda o apague la maquina manualmente.
- Encender o apagar cuchilla: su función principal es accionar o no cuchilla manualmente.

- Reiniciar: permite al técnico reiniciar el proceso que pudo haber sido suspendido, sin realizar algún tipo de cambio o modificación.

Figura 15. **Panel de control de la cortadora**



Fuente: [Fotografía de Sophia López] (Villa Nueva. Año 2021. Archivo personal. Villa Nueva, Guatemala.

7.5.2.2. Dispositivos de afilado

Poseen discos con diamantes que se activan automáticamente durante el proceso de corte, realizan el proceso de rectificado de cuchilla por 2 segundos, que permite el corte exacto de las capas tela no importando si es pesada o liviana, a través del sistema software se puede establecer el ángulo para afilar la cuchilla obteniendo la mayor eficiencia que exige el proceso.

7.5.2.3. Cámara con láser

Realiza 2 funciones principales inicia cuando el sensor detecta los límites del ancho y largo de cada tendido, de acuerdo a la escala enviada a través del software de la *Bullmer* por el departamento de CAD. Con el fin de garantizar el consumo adecuado de la materia prima.

Posteriormente envía continuamente una señal al computador del recorrido que realiza el puntero de la cuchilla al cortar los paquetes de paneles para que el técnico valide el progreso del trabajo y exactitud de los cortes.

Figura 16. Cámara con láser



Fuente: [Fotografía de Sophia López] (Villa Nueva. Año 2021. Archivo personal. Villa Nueva, Guatemala.

7.5.3. Sistema mecánico

Elementos físicos que buscan convertir el movimiento de entrada que es activada por una fuente a una fuerza de salida que deseamos. Se caracterizan

por tener una fuente de energía, generan movimientos ya sea circulares, lineales o movimiento de ida o vuelta.

7.5.3.1. Fajas

Existen 3 tipos de fajas, la primera inicia su trabajo al ser accionada por el motor y las restantes están en contacto directo del control de cuchillas en posición vertical, para evitar el desgaste o quiebre de la cuchilla al trasladarse de un extremo del tendido a otro.

Figura 17. Fajas



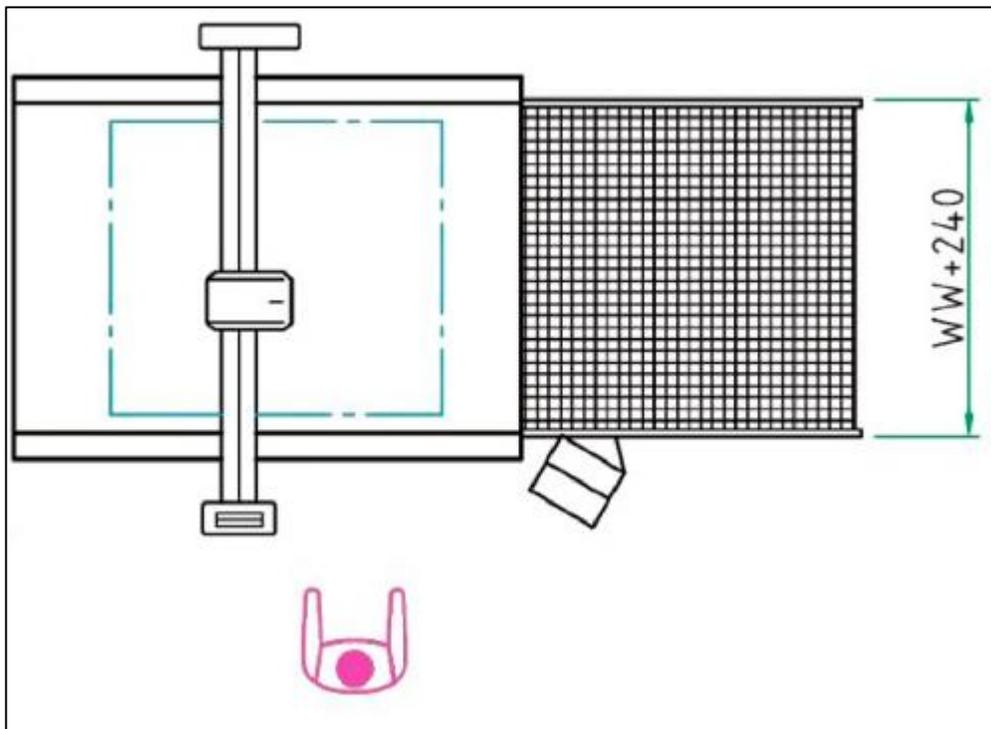
Fuente: [Fotografía de Sophia López] (Villa Nueva. Año 2021. Archivo personal Villa Nueva, Guatemala.

7.5.3.2. Cinta transportadora

Es la encargada de trasladar lienzos y paquetes de paneles ya cortados al proceso de clasificación, el movimiento predominante es el de arrastre en dirección horizontal. Se debe dar mantenimiento una vez al mes para evitar que la mota o tela estropee la función principal.

Puede llegar a tener una dimensión de longitud de 10 metros de acuerdo a la exigencia de la industria.

Figura 18. Cinta transportadora



Fuente: Bullmer (s.f). *Bullmer cutting room technology*. Consultado el 15 de setiembre de 2021.
Recuperado de <http://www.bullmer.com.cn/upload/202009/16/202009161451424736.pdf>.

7.5.4. Sistema Hidráulico

Un sistema hidráulico se compone de 3 partes principales:

- Generadores de presión: es encargado de transferir potencia al actuador
- Sistema de mando es aquel que envía la señal
- Actuadores: permite accionar el proceso

Los sistemas hidráulicos se caracterizan por realizar trabajo pesado y generalmente se encuentran en toda industria. (Marcos, 2021)

7.5.4.1. Cuchilla

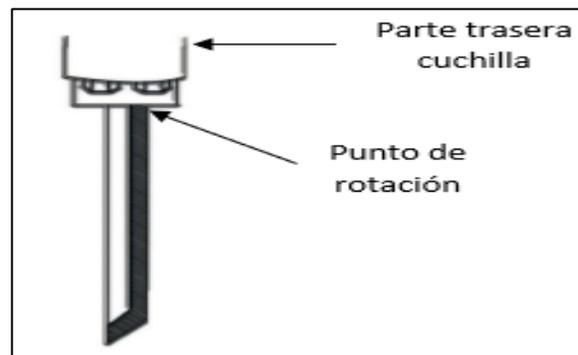
Esta cuchilla de alta frecuencia es una herramienta plana que tiene un extremo con filo para realizar los cortes predeterminados en el software de acuerdo al tipo de tela que se va a cortar, si la tela es pesada el sistema automáticamente disminuye la velocidad de corte. La cuchilla cuenta con tres puntos principales:

- Punto de rotación
- Parte trasera de cuchilla
- Ancho de la cuchilla

Durante el proceso de corte la cuchilla debe rectificarse provocando desgaste o reducción en cada ciclo del rectificado, generando una actualización

automática de la posición correcta de las dimensiones de la cuchilla. (Bullmer, s.f.)

Figura 19. **Cuchilla**



Fuente: Bullmer. (s.f). *Bullmer cutting room technology*. Consultado el 15 de septiembre de 2021. Recuperado de <http://www.bullmer.com.cn/upload/202009/16/202009161451424736.pdf>.

7.5.4.2. Sistema de succión

Se puede activar a través del tablero o sistema software su función principal es ejercer succión en dirección a la normal del tendido el cual no debe sobrepasar los 25 mm de alto para permitiendo que el corte de los paneles sea constante en cada lienzo y evitar paneles con medidas fuera de tolerancia.

Al activar la función de succión el bloque de tendido que es transportado en la banda sufre un cambio físico ya que el proceso de vacío que ejerce el sistema compacto automáticamente el tendido, unificando cada capa de los lienzos preparada para iniciar el corte. El aire comprimido es min. 6 bares y la bomba de vacío trabajan a 15 KW.

7.5.4.3. Motor de traslado

Su función principal es transportar la cortadora automática que está montada en un riel, en dirección de las mesas de tendido que lo requieran, evitando sobrecargar otros sistemas.

Esta debe ejercer la presión correcta y flujo de líquido a todo el equipo, así como la transformación de energía mecánica a hidráulica para evitar sobrecalentamientos.

Figura 20. Motor de traslado



Fuente: [Fotografía de Sophia López] (Villa Nueva. Año 2021. Archivo personal. Villa Nueva, Guatemala.

7.6. Seguridad

Al utilizar correctamente el equipo el personal técnico garantiza la seguridad personal, la del activo y del producto. Estableciendo lineamientos claves para la manipulación de la máquina.

Los paros de emergencia tienen el control total de toda la cortadora debido a que son elementos que están entrelazados entre sí y logran detectar o actuar ante instrucciones inmediatamente. Todos los modelos de cortadoras automáticas marca *Bullmer* cuentan con sistemas de seguridad para garantizar la protección del personal que la utilice.

7.6.1. Generalidades de operación

La siguiente información va de acuerdo con la información plasmada en el manual del equipo que describe las instrucciones básicas para la operación de este, es importante no usar líquidos sobre y alrededor de la máquina automática para textil para evitar daños perjudiciales en el activo.

Cada componente de accionamiento de la cortadora automática para textil debe estar en perfectas condiciones y limpias para poner en marcha la máquina.

No sobrepasar las alturas y velocidades del tendido de corte establecidas por el proveedor para evitar sobrecalentamiento de la cuchilla y fajas, debido a que esto impactaría directamente en la calidad del proceso y nivel de vida del sistema, fajas y cuchilla.

Al existir una alteración en el comportamiento normal de la máquina como temperatura elevada, vibraciones o ruidos, el operario debe desconectar los

componentes de accionamiento y espere su descarga. Luego determinar el porqué del cambio y restablezca el proceso.

El proceso de cambio de filtro debe realizarse cada 3 días debido a la acumulación de mota, el técnico debe parar por completo la máquina y accionarla después de que el proceso haya terminado.

Si el técnico realiza cambio de cuchilla, primero debe parar la máquina y activar modo manual, realiza el cambio correspondiente e inicia las pruebas de corte para la garantizar la correcta instalación.

El técnico debe evitar conectar o desconectar las conexiones eléctricas si estas están bajo tensión, primero debe desconectar la tensión y luego debe asegurarla a nueva.

El técnico debe verificar continuamente la calibración la *Bullmer* PROCUT DS2008S y solicitarla cada seis meses para garantizar los cortes exactos.

En los trabajos de mantenimiento e inspección no debe existir tensión para evitar que se accione accidentalmente, apague el interruptor. Al reiniciar el sistema siempre debe probarse los dispositivos de seguridad. (Bullmer, s.f.)

7.6.2. Paro de emergencia

Su función principal es proteger de posibles peligros / riesgos que pueden perjudicar a las personas, sistema y producto final, da inicio al activar el contactor quien envía la orden de parar automáticamente el funcionamiento de los sistemas.

Procut *Bullmer* D8002S posee 4 activadores paro de emergencia en sus extremos, son rectángulos visibles de color amarillo que proyectan precaución distribuidos estratégicamente.

Figura 21. **Paros de Emergencia**



Fuente: [Fotografía de Sophia López] (Villa Nueva. Año 2021. Archivo personal. Villa Nueva, Guatemala).

El quinto botón es un activador de color rojo y se encuentra ubicado en el tablero de control.

Figura 22. **Botón de emergencia**



Fuente: [Fotografía de Sophia López] (Villa Nueva. Año 2021. Archivo personal. Villa Nueva, Guatemala).

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE ILUSTRACIONES

INDICE DE TABLAS

LISTA DE SIMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLOGÍCO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÒRICO

1.1. Mantenimiento

1.1.1. Mantenimiento correctivo

1.1.2. Mantenimiento Preventivo

1.2. Plan de Mantenimiento

1.2.1. Estructura del plan de mantenimiento

1.3. ISO

1.3.1. Norma ISO 55000

1.3.2. Norma ISO 17359

1.3.3. Norma ISO 13380

1.4. Metodología AMFEC

1.4.1. Análisis de falla RCFA

1.4.2. Desarrollo de metodología AMFEC

1.5. Cortadora automática para textil marca *Bullmer*

- 1.5.1. Tipos de cortadoras automáticas para textil marca *Bullmer*
- 1.5.2. Sistema electrónico
 - 1.5.2.1. Panel de control
 - 1.5.2.2. Dispositivos de afilado
 - 1.5.2.3. Cámara con láser
- 1.5.3. Sistema mecánico
 - 1.5.3.1. Fajas
 - 1.5.3.2. Cinta transportadora
- 1.5.4. Sistema hidráulico
 - 1.5.4.1. Cuchilla
 - 1.5.4.2. Sistema de succión
 - 1.5.4.3. Motor de traslado
- 1.6. Seguridad
 - 1.6.1. Generalidades de operación
 - 1.6.2. Paro de emergencia

2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

9.1. Diseño de investigación

La presente investigación es de tipo no experimental porque se realizará el análisis y registro del proceso, con el fin de proponer un plan de mantenimiento que se ajuste a las características. El cual implica no realizar ningún tipo de cambio.

9.2. Tipo de estudio

El tipo de estudio a realizar es cuantitativo, porque la investigación en cada punto a evaluar dará resultados numéricos. Estas variables serán medidas y registradas en campo por técnicos de confianza.

9.3. Alcance de investigación

El alcance de la investigación a realizar es descriptivo, porque el proceso consiste en ser observador y posteriormente describir cada comportamiento clave, con el fin de proponer un plan de mantenimiento para las cortadoras automáticas textiles de acorde a sus necesidades actuales, de acuerdo a la metodología AMFEC.

9.4. Variables e indicadores

Las variables y los indicadores a estudiar se detallan en la tabla siguiente:

Tabla IX. **Variables e indicadores**

Variables	Indicadores	Tipo
Tiempo de disponibilidad	Velocidad de arrastre	Cuantitativo
Condición de fuente alimentación	Manejo de dirección de banda	Cuantitativo
Condición de sensores		Cuantitativo
Condición en software		
Nivel de presión turbina	Succión	Cuantitativo
Estado de fuente de alimentación		Cuantitativo
Condición física de disco de diamante	Filo	Cualitativo
Angulo de cuchilla	Posición de cuchilla	Cuantitativo
Nivel de lubricación	Banda transportadora	Cuantitativo
Desgaste de cabezales		Cualitativo

Fuente: elaboración propia.

9.5. Fases de investigación

Fase 1: revisión documental. Previo a realizar la investigación, se procederá a efectuar una investigación de tipo documental sobre teorías e investigaciones previas para enriquecer los conocimientos que están relacionados con la propuesta. Desarrollando los tipos y características de mantenimiento, metodología AMFEC aplicada en este campo, así como los parámetros y manejo de una cortadora automática textil.

Fase 2: recopilación de información. En esta fase se realizará trabajo de campo para obtener información base para elaborar la investigación. Con la data recolectada se generarán tendencias que diagnostiquen la situación real de las cortadoras automáticas textiles. La recopilación de la información se realizará mediante la tabla ubicada en el apéndice (indicar el número de apéndice).

Fase 3: trabajo de gabinete. Después de obtener las variables de operación del equipo, identificación de equipos sujetos a proceso de validación, frecuencia de validación, se procede a establecer un plan de mantenimiento que cumpla con los parámetros.

Fase 4: presentación y discusión de resultados. En esta fase se realizará presentará la información tabulada. Además, se construirá el proceso de validación / fases del plan de mantenimiento / método de obtención de información para generación de base de datos

9.6. Muestreo

No se realizará muestreo ya que se utilizará la totalidad de las cortadoras automáticas textiles.

9.7. Resultados esperados

Los resultados esperados después de la investigación son: diseñar un plan de mantenimiento basado en la criticidad de las fallas, guías de rutina de inspección, medición para el personal técnico que tiene contacto directo con las máquinas automática textiles.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para desarrollo de un plan de mantenimiento mediante la metodología AMFEC de dos cortadoras automáticas para textil se utilizarán técnicas de análisis de la información tales como textos relacionados con normativas internacionales para la gestión de mantenimiento de activos, estudio de la metodología AMFEC de activos que operan dentro de una planta de producción, revisión de manuales, historial digital, entrevista a equipo de mantenimiento y técnicos operativos, así como investigaciones bajo un marco de trabajo similar que cumplen con características propias de acuerdo al investigador.

Identificando procedimientos específicos, criterios, ideas, conocimientos empíricos relevantes, procesos operacionales de acuerdo al manual de mantenimiento generado del proveedor para llevar un registro mediante tablas que cuantifiquen la frecuencia de fallo, determinación de componentes prioridad o de mayor ponderación, tiempo medio entre fallas y ruta de gestión del mantenimiento.

Generando gráficos de Pareto que demuestren la probabilidad de fallo de los componentes del equipo, diagramas causa – raíz y matriz de criticidad para establecer acciones que obtengan mayores resultados.

11. CRONOGRAMA

Figura 23. Cronograma



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Project 2019.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Los recursos económicos, materiales y humanos deben estar disponibles en el momento de requerirse, así como el tiempo necesario para desarrollar una adecuada gestión. Se cuenta con el apoyo de la empresa de textil a quién beneficia este tipo de estudio, dado el material que se obtendrá del mismo, el cual será utilizado para la mejora continua del proceso de mantenimiento.

El financiamiento de los costos económicos del estudio contempla dentro de los recursos humanos que serán sufragados por el investigador, los honorarios del asesor del trabajo de investigación y otros recursos involucrados serán absorbidos por la empresa textilera los cuales se describen a continuación:

Para el recurso humano es de vital importancia el apoyo de un jefe y técnico electrónico del área de mantenimiento de corte, quienes deben poseer amplios expertos en la materia, conociendo la causa raíz y su efecto en cada variable a estudiar. Para que el levantamiento de la información sea relevante bajo un criterio de control para el manejo de cortadora automática.

Los recursos mencionados en la tabla VII están clasificados como recursos materiales, físicos, tecnológicos y humanos los cuales deben estar presentes para realización de la investigación de la maquila, la cual no debe contar con un plan de mantenimiento para una cortadora automática para textil.

La empresa textilera se hará cargo de los gastos mencionados para garantizar una gestión óptima de información, resultados y elaboración del informe final será necesario equipo de cómputo, software.

Tabla X. **Presupuesto de la investigación**

Recurso material, físico y tecnológico				
No.	Descripción		Unidad	Costo (Q)
1	Equipo de computo		Global	Q 6,000
2	Software		Global	Q 1,200
Subtotal				Q 7,200
Recurso humano				
No.	Descripción	Horas	Unidad	Costo (Q)
1	Investigador	50	100	Q 5,000
2	Mecánicos	15	75	Q 1,125
3	Técnico electrónico	15	75	Q 1,125
4	Asesor	20	125	Q 2,500
Subtotal				Q 9,750
Resumen				
No.	Descripción			Costo (Q)
1	Recurso Material, Físico y tecnológico			Q 7,200
2	Recurso humano			Q 9,750
Total				Q 16,950

Fuente: elaboración propia.

13. REFERENCIAS

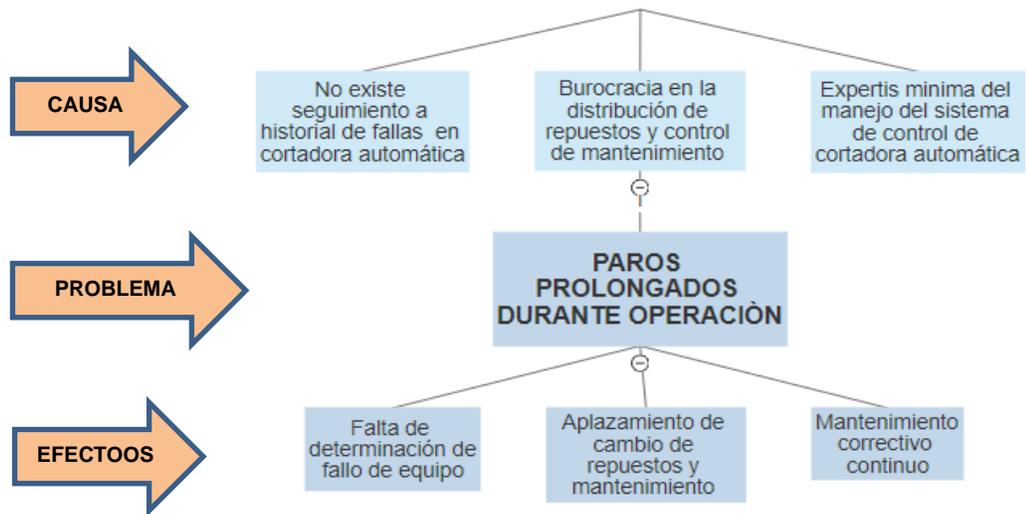
1. Aguilar-Otero, J. R., Torres-Arcique, R. R., & Magaña-Jimenez, D. (junio, 2010). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. *Tecnología, Ciencia, Educación* 26 (1), 15-26. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48215094003>.
2. Álvarez, A. (enero, 1979). Mantenimiento de maquinaria. *Revista facultad nacional de agronomía* 32(2), 42-72. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/28287>
3. Arata, A. (2005). *Manual de gestión de activos y mantenimiento*. Santiago de Chile: RiL.
4. Direct Industry. (s.f.). *Bullmer cutting room technology*. Recuperado de <https://pdf.directindustry.com/pdf/bullmer/cutting-technology/40758-544029.html>.
5. Duffuaa, D. R. (2012). *Sistemas de mantenimiento, planeación y control*. México: Limusa.
6. Gardella, M. G. (2010). *Mejora de metodología RCM a partir de AMFEC e implementación de mantenimiento preventivo y predictivo en plantas de proceso* (Tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Valencia, España. Recuperado de <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/9686>.

7. Garrido, S. G. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid, España: Diaz de Santos, S.A.
8. Herrera, M. (septiembre, 2017). Aplicación de la gestión de riesgo a equipos y sistemas productivos. *DYNA*, 84(202), 247-254. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v84n202.60863>.
9. Herrera, M., y Duany Y. (mayo, 2017). Validación del proceso con análisis inicial de criticidad aplicado a la obtención del principio activo policosanol. *Bionota*, 19(1), 124-132. Recuperado de <http://mr.crossref.org/iPage?doi=10.15446%2Frev.colomb.biote.v19n1.50002>
10. International Organization for Standardization. (2002). *ISO 13380:2002. Condition monitoring and diagnostics of machines - General guidelines on using performance parameters*. Ginebra, Suiza.
11. International Organization for Standardization. (2014). *ISO 55000:2014. Asset Management - Overview, principles and terminology*. Ginebra, Suiza.
12. International Organization for Standardization. (2018). *ISO 17359:2018 Condition monitoring and diagnostics of machine*. Ginebra, Suiza.
13. Marco, L. (20 de septiembre de 2021). Sistemas electrónicos principales. (L. Sophia, Entrevistador) Guatemala, Guatemala.

14. Marcos, L. (20 de septiembre de 2021). Funcionamiento de sistemas hidráulicos principales. (L. Sophia, Entrevistador) Guatemala, Guatemala.
15. Marcos, L. (20 de septiembre de 2021). Sistemas mecánicos principales. (L. Sophia, Entrevistador) Guatemala, Guatemala.
16. Mora, A. G. (2009). *Planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega.
17. Navarro, P. J. (2004). *Técnicas de Mantenimiento Industrial*. Calpe Institute Technology.
18. Parra, C. A., y Marquez, C. A. (2012). *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada a la gestión de activos*. Sevilla, España: Ingeman.
19. Teherán, A. S. (junio, 2021). Aplicación de la Técnica AMFEC: Análisis de los Modos de Falla, Efecto y Criticidad para optimizar el plan de mantenimiento de los motores Caterpillar 3512. Researchgate.

14. APÉNDICES

Apéndice 1. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Matriz de coherencia**

Plan de mantenimiento mediante la metodología AMFEC para dos cortadoras automáticas textiles ubicadas en una maquila en villa nueva

Objetivo general

Diseñar un plan de mantenimiento mediante la metodología AMFEC para dos cortadoras automáticas textiles ubicadas en una maquila en zona 4 Villa Nueva

¿Qué plan de mantenimiento se puede diseñar mediante la metodología AMFEC para la adecuada operación de dos cortadoras automáticas textiles utilizadas en una maquila?

Objetivo específico	Pregunta de investigación	Indicadores
1 Determinar las condiciones de operación de dos cortadoras automáticas textiles a la fecha de investigación	¿Cuáles son las condiciones de operación de dos cortadoras automáticas textiles a la fecha de investigación?	Tiempo de disponibilidad, paros, KPI desempeño
2 Establecer las condiciones adecuadas de operación y funcionamiento de dos cortadoras automáticas textiles	¿Cuáles son las condiciones adecuadas de operación y funcionamiento de dos cortadoras automáticas textiles?	Velocidad/ tipo de tela, filo, posición de la cuchilla, prénsatela, succión y transportador
3 Identificar la secuencia de metodología AMFEC aplicada al monitoreo de la operación de dos cortadoras automáticas textiles	¿Cuál es la secuencia de la metodología AMFEC aplicada al monitoreo de dos cortadoras automáticas textiles?	Tipos de falla, efectos, criticidad

Fuente: elaboración propia.

15. ANEXOS

Anexo 1. Plantilla genérica del monitoreo de condición por tipo de máquina

Parameter	Machine type									
	Electric motor	Steam turbine	Aero gas turbine	Industrial gas turbine	Pump	Compressor	Electric generator	RIC engine	Fan	Power transformer
Temperature	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Pressure		*	*	*	*	*		*	*	*
Pressure (head)					*					
Pressure ratio			*	*		*				
Pressure (vacuum)		*			*					
Air flow			*	*		*		*	*	
Fuel flow			*	*			*			
Fluid flow		*			*	*				
Current	*						*			*
Voltage	*						*			*
Resistance	*						*			*
Electrical phase	*						*			
Input power	*				*	*	*		*	*
Output power	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Noise	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Vibration	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Acoustic emission	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ultrasonics	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Oil pressure	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Oil consumption	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Oil (tribology)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Thermography	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Torque	*	*		*	*	*	*	*		*
Speed	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Length		*								
Angular position		*	*	*		*				
Efficiency (derived)		*	*	*	*	*	*	*		

* Indicates condition monitoring measurement parameter is applicable.

Key
 RIC: Reciprocating internal combustion

NOTE This table contains examples and is not an exhaustive list. Other parameters may be appropriate to consider.

Fuente: ISO. (2018). *Condition monitoring and diagnostics of machine*.

