

**DISEÑO Y PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE  
MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA LA PLANTA LAMINADORA DE  
VARILLA DE ACERÍAS ACEMET SAS UBICADA EN PUERTO BOYACÁ**

**JEFFERSON ORLANDO MEJIA SOLANO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA**

**2022**

**DISEÑO Y PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE  
MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA LA PLANTA LAMINADORA DE  
VARILLA DE ACERÍAS ACEMET SAS UBICADA EN PUERTO BOYACÁ**

**JEFFERSON ORLANDO MEJIA SOLANO**

**Monografía de grado presentada como requisito para optar por el título de  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Director**

**ORLANDO MEJIA RUEDA**

**Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA**

**2022**

## CONTENIDO

pág.

<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>11</b>
<b>1. OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
1.1 OBJETIVO GENERAL: .....	12
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	12
<b>2. DESCRIPCION DE LA EMPRESA.....</b>	<b>13</b>
2.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	13
2.2.1 Organigrama. ....	13
2.2.2 Misión.....	14
2.2.3 Visión. ....	14
2.2.4 Valores corporativos.....	15
2.4 INSTALACIÓN PLANTA PUERTO BOYACÁ .....	15
2.5 EQUIPOS PLANTA LAMINADORA PUERTO BOYACÁ .....	16
2.5.1 Sistema de calentamiento. ....	16
2.5.2 Sistema de laminación. ....	18
2.5.3 Sistema de puente grúa. ....	25
2.5.4 Sistema eléctrico. ....	26
<b>3. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>27</b>
3.1 PLANTAS LAMINADORAS DE VARILLA.....	27
3.2 HISTORIA Y DEFINICION DE MANTENIMIENTO .....	27

3.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO .....	28
3.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....	28
3.5 MANTENIMIENTO CORRECTIVO .....	29
3.6 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD O RCM.....	29
<b>4. INVENTARIO Y CLASIFICACION DE LOS EQUIPOS .....</b>	<b>32</b>
4.1 CODIFICACIÓN .....	32
4.2 LISTADO DE ACTIVOS .....	32
<b>5. ANÁLISIS DE CRITICIDAD .....</b>	<b>34</b>
5.1 METODO DE FACTORES PONDERADOS BASADOS .....	34
5.2 MATRIZ DE CRITICIDAD DE LOS ACTIVOS.....	36
5.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD .....	37
<b>6. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM .....</b>	<b>38</b>
6.1 ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (AMEF) .....	38
6.2 HOJAS DE DECISIÓN.....	52
6.3 PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO .....	61
<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>65</b>
<b>8. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>66</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>67</b>

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Logotipo ACERIAS ACEMET S.A.S.....	13
Figura 2. Organigrama ACERIAS ACEMET S.A.S.....	14
Figura 3. Ventilador de 7 HP .....	17
Figura 4. Tanque de combustible auxiliar y motor CEM 1 HP .....	18
Figura 5. Tren de laminación.....	19
Figura 6. Torre de desbaste del tren de laminación .....	19
Figura 7. Torre de preparado del tren de laminación .....	20
Figura 8. Torre de terminado del tren de laminación.....	20
Figura 9. Motor Siemens 200 HP .....	21
Figura 10. Sistema Banda - Polea.....	21
Figura 11. Volante del tren de laminación .....	22
Figura 12. Mesa de enfriamiento.....	22
Figura 13. Reductor.....	23
Figura 14. Acople de cadena.....	24
Figura 15. Cizalla hidráulica .....	24
Figura 16. Puente grúa monoviga ABUS 10 toneladas .....	25
Figura 17. Matriz de criticidad .....	36
Figura 18. Diagrama de flujo para aplicación del RCM. ....	38

Figura 19. AMEF Horno .....	39
Figura 20. AMEF Empujador hidráulico.....	40
Figura 21. AMEF Estación hidráulica empujador .....	41
Figura 22. AMEF Estación de combustible .....	42
Figura 23. AMEF Motor Siemens 200 HP .....	43
Figura 24. AMEF Banda Polea.....	44
Figura 25. AMEF Volante de inercia.....	45
Figura 26. AMEF Acople de cadena lado motor.....	45
Figura 27. AMEF Acople de cadena lado reductor.....	46
Figura 28. AMEF Reductor.....	47
Figura 29. AMEF Caja de desbaste .....	48
Figura 30. AMEF Caja de preparado.....	49
Figura 31. AMEF Caja de terminado .....	50
Figura 32. AMEF Mesa de enfriamiento.....	51
Figura 33. AMEF Cizalla hidráulica corte en frío .....	51
Figura 34. Árbol lógico de decisión .....	52
Figura 35. Hoja de decisión Horno .....	53
Figura 36. Hoja de decisión Empujador hidráulico .....	54
Figura 37. Hoja de decisión Estación hidráulica empujador.....	54
Figura 38. Hoja de decisión Estación de combustible.....	55
Figura 39. Hoja de decisión Motor Siemens 200 HP.....	56
Figura 40. Hoja de decisión Banda Polea .....	57
Figura 41. Hoja de decisión Volante de inercia .....	57

Figura 42. Hoja de decisión Acople de cadena lado motor .....	58
Figura 43. Hoja de decisión Acople de cadena lado reductor .....	58
Figura 44. Hoja de decisión Reductor .....	59
Figura 45. Hoja de decisión Caja de desbaste .....	59
Figura 46. Hoja de decisión Caja de preparado .....	60
Figura 47. Hoja de decisión Caja de terminado.....	60
Figura 48. Hoja de decisión Mesa de enfriamiento .....	61
Figura 49. Hoja de decisión Cizalla hidráulica corte en frío.....	61
Figura 50. Plan de Mantenimiento Preventivo Propuesto .....	62

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Equipos susceptibles a mantenimiento .....	16
Tabla 2. Sistema de bombeo tanque principal .....	17
Tabla 3. Sistema de bombeo tanque auxiliar .....	18
Tabla 4. Codificación equipos sistema de calentamiento .....	33
Tabla 5. Codificación equipos sistema de laminación .....	33
Tabla 6. Codificación equipos sistema puente grúa .....	33
Tabla 7. Codificación equipos sistema eléctrico.....	33
Tabla 8. Formato para análisis de criticidad.....	35
Tabla 9. Resultados del análisis de criticidad en la planta laminadora.....	37

## RESUMEN

**TÍTULO:** DISEÑO Y PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA LA PLANTA LAMINADORA DE VARILLA DE ACERÍAS ACEMET SAS UBICADA EN PUERTO BOYACÁ\*

**AUTOR:** JEFFERSON ORLANDO MEJIA SOLANO\*\*

**PALABRAS CLAVE:** RCM, TREN DE LAMINACIÓN, CONFIABILIDAD, MANTENIMIENTO, DISPONIBILIDAD, AMEF.

### DESCRIPCIÓN:

Esta monografía se realiza debido a la necesidad de implementar un plan de mantenimiento preventivo para la planta laminadora de varilla de la empresa ACERÍAS ACEMET S.A.S. ubicada en Puerto Boyacá la cual no cuenta con un plan definido para el mantenimiento de los equipos. Para el desarrollo del plan de mantenimiento se llevan a cabo metodologías como lo son el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) y el análisis de modo y efecto de falla (AMEF) a los equipos más críticos con el fin de evitar paradas no programadas y disminuyendo averías imprevistas que impidan los planes de producción de la planta, realizando una mejora en la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

Para el desarrollo se divide la planta en sistemas y subsistemas, se realiza un análisis de criticidad con la ayuda de técnicos y operarios para determinar en qué activos se deben centrar los recursos existentes para el mantenimiento de la planta, se determinan las funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla de cada equipo para así seleccionar las tareas de mantenimiento encargadas de evitar los modos de falla detectados. Finalmente se recopilan todas las tareas de de mantenimiento, se agrupan por sistema o equipo principal y se presentan a la gerencia de la empresa para su revisión y aprobación.

---

\* Monografía.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Ing. Orlando Mejia Rueda.

## ABSTRACT

**TITLE:** DESIGN AND PROPOSAL FOR THE IMPLEMENTATION OF A MAINTENANCE PLAN BASED ON RCM FOR THE ACEMET SAS ROD ROLLING PLANT LOCATED IN PUERTO BOYACÁ\*

**AUTHOR:** JEFFERSON ORLANDO MEJIA SOLANO\*\*

**KEY WORDS:** RCM, ROLLING MILL, RELIABILITY, MAINTENANCE, AVAILABILITY, AMEF.

### DESCRIPTION:

This monograph is carried out due to the need to implement a preventive maintenance plan for the rod rolling plant of the company ACERÍAS ACEMET S.A.S. located in Puerto Boyacá which does not have a defined plan for equipment maintenance. For the development of the maintenance plan, methodologies such as reliability-centered maintenance (RCM) and failure mode and effect analysis (AMEF) are carried out on the most critical equipment to avoid unscheduled stops and reduce unforeseen breakdowns that impede the production plans of the plant, making an improvement in the availability and reliability of the equipment.

For the development, the plant is divided into systems and subsystems, a criticality analysis is carried out with the help of technicians and operators to determine on which assets the existing resources should be focused for the maintenance of the plant, the functions, functional failures are determined, failure modes and failure effects of each equipment to select the maintenance tasks in charge of avoiding the failure modes detected. Finally, all maintenance tasks are collected, grouped by major system or equipment, and presented to company management for review and approval.

---

\* Monograph.

\*\* Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Director: Eng. Orlando Mejia Rueda.

## INTRODUCCION

En la actualidad las empresas intentan tener un proceso productivo lo más constante posible, es decir tratan de tener mantener el máximo de equipos produciendo al mismo tiempo y con la menor cantidad de fallas que sea posible. Un buen mantenimiento es sinónimo de una producción más constante y de mejor calidad, es por esto que el mantenimiento ha tenido un gran auge en los últimos años teniendo en cuenta lo competitivo que se ha convertido el mercado. La calidad y la confiabilidad juegan un papel muy importante a la hora de vender un producto o servicio.

La presente monografía tiene como propósito diseñar y proponer a la empresa ACERÍAS ACEMET S.A.S, un plan de mantenimiento preventivo basado en una técnica de mantenimiento que se centra en la confiabilidad de los equipos y procesos llamada RCM, este plan de mantenimiento se centrará en los equipos críticos de una planta laminadora de varilla la cual al momento de escribir este documento se encuentra recién montada e iniciando sus procesos productivos. Con este plan de mantenimiento se busca que desde su inicio la planta cuente con una alta confiabilidad y disponibilidad de sus equipos con el fin de tener procesos más eficientes y efectivos para la empresa.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL:**

Diseñar y proponer la implementación de un plan de mantenimiento basado en RCM para la planta laminadora de varilla de ACERÍAS ACEMET S.A.S con el fin de ofrecer la mejor disponibilidad operacional de los equipos.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Caracterizar técnicamente los sistemas y equipos de la planta los cuales serán objeto de estudio con el fin de acopiar información relevante para el desarrollo del plan de mantenimiento.
- Realizar un análisis de modo de falla basado en los datos suministrados por las plantas similares que nos permita identificar las posibles fallas en los equipos y sistemas.
- Evaluar la criticidad de cada uno de los sistemas y equipos para determinar cuáles generan mayor impacto operacional.
- Establecer un plan de mantenimiento según la metodología de RCM para mejorar la confiabilidad operacional del equipo.

## 2. DESCRIPCION DE LA EMPRESA

El 26 de noviembre de 2018 se constituyó la sociedad denominada **ACERIAS ACEMET S.A.S.** la cual inicia su desempeño bajo el principio de adecuación y mejora continua con el fin de proveer la excelencia del servicio que brindan lo cual le permite ofrecer a sus clientes un servicio con altos estándares de calidad, respaldado con la experiencia que le aportan un amplio grupo de personal calificado.

Figura 1. Logotipo ACERIAS ACEMET S.A.S.

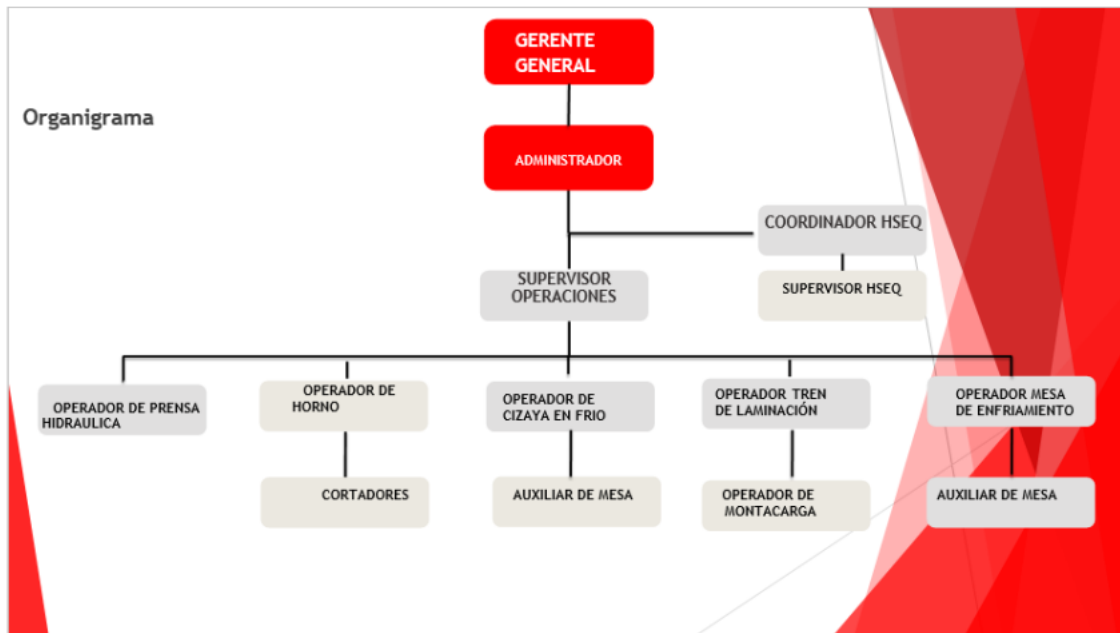


**ACERIAS ACEMET SAS.**

### 2.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

**2.2.1 Organigrama.** El organigrama que se muestra en la Figura 2, muestra las relaciones que tienen las secciones de la empresa.

Figura 2. Organigrama ACERIAS ACEMET S.A.S.



**2.2.2 Misión.** ACERIAS ACEMET S.A.S, es una empresa dedicada a las operaciones de conversión de materia prima (chatarra) mediante el proceso de corte y preparación del material, bajo el proceso de precalentamiento en horno, para posteriormente producir productos planos y largos semielaborados, los cuales son usados después de recalentados en operaciones de laminado, estirado y extrusión para fabricar productos terminados. Satisfaciendo la demanda de empresas a nivel nacional con los más altos estándares de calidad, apoyándose en personal calificado, y de esta manera satisfacer los requisitos exigidos por sus clientes, basados en las normativas legales y del Sistema Integrado de Gestión, priorizando la gestión de los peligros e impactos socio ambientales asociados a la actividad.

**2.2.3 Visión.** Para el 2025, ACERIAS ACEMET S.A.S. será líder a nivel nacional en operaciones de conversión de materia prima reconocida por sus altos estándares de

calidad, seguridad y eficiencia, contribuyendo al desarrollo del país a través de la responsabilidad social y la generación de empleo.

**2.2.4 Valores corporativos.** ACERIAS ACEMET S.A.S, se caracteriza por su:

- ✓ Responsabilidad social empresarial
- ✓ Honestidad
- ✓ Integridad
- ✓ Trazabilidad
- ✓ Mejora continua
- ✓ Calidad integral

## **2.4 INSTALACIÓN PLANTA PUERTO BOYACÁ**

En la planta de laminadora de Puerto Boyacá se encuentra la parte operativa de la empresa en la cual se desarrollan todas las actividades de laminación, por otro lado, la parte gerencial se maneja desde la ciudad de Bogotá.

La planta se ubica en la zona industrial del municipio de Puerto Boyacá, cuenta con un amplio espacio donde hasta ahora se opera un único tren de laminación con sus respectivos equipos que son los elementos principales de este trabajo puesto que están sujetos a mantenimiento (Ver Tabla 1). La planta tiene un espacio designado para la recepción del material, otro para su preparación y laminación, y finalmente un espacio para almacenar el producto terminado.

Tabla 1. Equipos susceptibles a mantenimiento

EQUIPO
Motor de 200 HP a 440 rpm
Ventilador de 7 HP
Polea transmisora de potencia
Volante de 6 ton
8 cilindros para laminación
Gato hidráulico 100 ton
Cizalla para lamina hasta 1 1/2"
Cizalla para varilla hasta 1"
Motor hidráulico de 15 HP
Tanque de combustible

## 2.5 EQUIPOS PLANTA LAMINADORA PUERTO BOYACÁ

Al tratarse de una planta de laminación en caliente, sus componentes se dividen principalmente en dos sistemas, sistema de calentamiento y sistema de laminación.

**2.5.1 Sistema de calentamiento.** El sistema de calentamiento está compuesto principalmente por:

- **Horno.** Posee un recubrimiento interno de ladrillo refractario, su función es calentar el material hasta 1280°C aproximadamente.
- **Ventilador de 7 HP.** Es el encargado de hacer que fluya el aire utilizado en la combustión por los quemadores de combustible.

Figura 3. Ventilador de 7 HP



- **Quemadores.** Los quemadores elevan la temperatura interna del horno de calentamiento quemando el combustible.
- **Empujador hidráulico 100 Ton.** Es un gato hidráulico que se encarga de empujar el material ingresado al horno hasta la salida donde es extraído de forma manual por los operarios.
- **Estación de combustible.** Está compuesta por un tanque de combustible principal de 3.000 galones y un tanque diario o auxiliar de 65 galones. Para bombear el combustible hacia el quemador se utiliza un sistema de bomba para cada tanque. (Ver tablas 2 y 3).

Tabla 2. Sistema de bombeo tanque principal

<b>Bomba tanque principal</b>		<b>Motor</b>	
Cantidad	1	Cantidad	1
Fabricante	IMO INDUSTRY	Fabricante	Siemens
Tipo	Rotativa de tornillo	Potencia	5.0 HP
Temperatura succión	28 °C	Tensión	480 V
Presión descarga	6 kg/Cm <sup>2</sup>	Velocidad de giro	1745 rpm
Temperatura descarga	28 °C		
Velocidad de rotación	1800 RPM		

Tabla 3. Sistema de bombeo tanque auxiliar

<b>Bomba tanque auxiliar</b>		<b>Motor</b>	
Cantidad	1	Cantidad	1
Fabricante	SCAM IMO	Fabricante	CEM
Modelo	ACE 25 - 2NC	Potencia	1.0 HP
Tipo	Rotativa de tornillo	Tensión	480 V
Velocidad de rotación	3.600 rpm	Velocidad de giro	3.600 rpm

Figura 4. Tanque de combustible auxiliar y motor CEM 1 HP



**2.5.2 Sistema de laminación.** Un sistema de laminación permite obtener acero en forma de barras de sección ovalada o cilíndrica mediante un proceso de laminación en caliente. Existen de muchas configuraciones diferentes, en este caso se tiene un tren de laminación con tres cajas o torres. La primera encargada del desbaste del material, la segunda encargada de la preparación del material y la tercera encargada de la terminación del producto.

Figura 5. Tren de laminación



Figura 6. Torre de desbaste del tren de laminación



Figura 7. Torre de preparado del tren de laminación



Figura 8. Torre de terminado del tren de laminación



El sistema del tren de laminación se compone principalmente por:

- **Motor Siemens (200 HP – 1750 rpm).** Encargado de transformar la energía eléctrica en energía mecánica para mover todo el tren de laminación.

Figura 9. Motor Siemens 200 HP



- **Sistema de transmisión Banda - Polea.** Se encarga de transmitir la potencia del motor hacia el eje del tren de laminación.

Figura 10. Sistema Banda - Polea



- **Volante del tren de laminación.** El volante se utiliza para suavizar el flujo de energía entre el motor y el tren de laminación.

Figura 11. Volante del tren de laminación



- **Mesa de enfriamiento.** Es la zona donde la varilla reposa hasta bajar su temperatura para ser cortada.

Figura 12. Mesa de enfriamiento



- **Reductor.** Se encarga de transmitir la potencia del motor al tren de laminación a la velocidad requerida.

Figura 13. Reductor



- **Acoples de cadena.** Su función es unir los ejes del volante de inercia con las demás partes móviles.

Figura 14. Acople de cadena



- **Cizalla hidráulica para corte de material terminado.** Se emplea para cortar las varillas ya terminadas a su medida solicitada.

Figura 15. Cizalla hidráulica



**2.5.3 Sistema de puente grúa.** El sistema de puente grúa para el movimiento y levantamiento de cargas de la planta está compuesto por:

- **Estructura principal.** La estructura principal del puente grúa está hecha de acero y brinda el soporte necesario para realizar el levantamiento de cargas mediante el polipasto, además posee en su parte superior los caminos de rodadura para realizar el movimiento longitudinal del puente grúa.
- **Puente grúa monoviga ABUS.** Se mueve longitudinalmente sobre la estructura principal, a su vez ofrece apoyos y un camino de rodadura para el movimiento transversal del polipasto.

Figura 16. Puente grúa monoviga ABUS 10 toneladas



- **Polipasto ABUS 10 toneladas.** Se utiliza para el levantamiento y movimiento de cargas de máximo 10 toneladas.

**2.5.4 Sistema eléctrico.** El sistema eléctrico de la planta se encarga de recibir la energía eléctrica de la subestación, transformarla a la tensión adecuada y distribuirla a los equipos. Está compuesto por:

- **Transformador 350 KVA 13.800 - 480 V.** Tiene por función recibir la tensión de 13.800 voltios y transformarla a 480 voltios.
- **Centro de control motores (CCM 480 voltios).** Está conformado por celdas de 480 voltios, alimentadoras de los equipos motores, ventiladores, barraje, acometida a equipos y transformadores de control. Su función principal es recibir la tensión a 480 voltios, transformarla a 220 y 110 voltios, y distribuirla a los equipos de la planta.
- **Paneles de alumbrado.** Su función es proporcionar la iluminación adecuada a toda la planta.
- **Circuitos de corriente de control.** Son circuitos diferentes a los circuitos de carga de un equipo. Su función es por ejemplo el control de parada y arranque en automático de un equipo.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 PLANTAS LAMINADORAS DE VARILLA**

Las varillas son un tipo de acero laminado que se usan principalmente en construcción para fijar, unir y brindar una armadura a las estructuras de concreto, se pueden encontrar varillas lisas o corrugadas, esta última presenta corrugaciones o resaltes en su superficie aumentando la adherencia al concreto. Estas varillas se fabrican comúnmente en plantas laminadoras de acero en las cuales encontramos equipos como prensas hidráulicas, cizallas, hornos de calentamiento, rodillos de laminación, entre otros.

#### **3.2 HISTORIA Y DEFINICION DE MANTENIMIENTO**

El mantenimiento nace como un complemento a la producción, en el periodo que comprende la primera revolución industrial hasta la primera guerra mundial surge la denominada “primera generación de mantenimiento”, en estos días la industria no estaba altamente mecanizada y no se daba importancia a la disponibilidad de los equipos, por lo cual la prevención de las fallas en ellos no era una prioridad para la mayoría de los gerentes. La sobredimensión de los equipos de la época hacía que fueran viables y fáciles de reparar, esto daba lugar a la no utilización de un mantenimiento planificado más allá de la limpieza y lubricación.

El mantenimiento se define como el conjunto de acciones que permite conservar o restablecer un sistema productivo a un estado específico para que pueda cumplir un servicio determinado. El objetivo de este mantenimiento es mantener el sistema productivo de forma adecuada de manera que pueda cumplir su misión, sea una producción esperada para una empresa de producción o una buena calidad de un servicio si se trata de una empresa de servicios. Para cumplir con estos objetivos se debe tener una buena gestión del mantenimiento la cual se resume en la utilización efectiva y

eficiente de los recursos materiales, económicos, humanos y de tiempo dispuestos para el mantenimiento.

### **3.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

El mantenimiento predictivo es un conjunto de técnicas para lograr pronosticar o predecir el punto de falla de un equipo o componente. Para cumplir con un mantenimiento predictivo es esencial cumplir con la medición, seguimiento y monitoreo mediante instrumentos que arrojen valores que permitan estimar el estado de la máquina.

### **3.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

El mantenimiento preventivo consiste en una serie de acciones cuyo objetivo es evitar los fallos en equipos alargando así su vida útil y previniendo la suspensión de su actividad debido a un desperfecto. Algunos métodos habituales para determinar procesos de mantenimiento preventivo son:

- Especificaciones de los fabricantes
- Legislación vigente
- Recomendaciones de expertos
- Acciones llevadas a cabo sobre activos similares

Las tareas del mantenimiento preventivo se pueden realizar bajo distintos criterios, bajo mantenimiento programado las cuales se realizan cada determinado tiempo, kilometrajes, horas de funcionamiento, etc; o bajo mantenimiento de oportunidad donde se aprovechan los periodos de no utilización evitando de este modo parar los equipos cuando están en uso.

### **3.5 MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

El mantenimiento correctivo es la corrección de averías o fallas cuando estas se presentan y obligan a detener determinado equipo o instalación afectada.

En muchas industrias el único tipo de mantenimiento practicado es el mantenimiento correctivo, en ciertas ocasiones está totalmente justificado especialmente en aquellas industrias en las que existe un bajo costo de los componentes afectados y estos son de naturaleza auxiliar y no están directamente relacionados con la producción.

### **3.6 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD O RCM**

En los años 50, la aviación comercial mundial estaba sufriendo más de 60 accidentes por cada millón de despegues, lo que equivaldría en la actualidad a escuchar de dos accidentes diarios involucrando aviones de 100 pasajeros o más<sup>2</sup>. El 67% de los accidentes aéreos de esa época eran causados por fallas en los equipos, el hecho de que una tasa tan alta de accidentes era causada por fallas en los equipos significaba que todos los esfuerzos debían dirigirse a intentar aumentar la seguridad de los equipos. En esos días mantenimiento significaba realizar actividades como reparaciones cada determinado tiempo, se esperaba a que los motores o ciertas partes importantes se desgastara después de cierto tiempo para decidir intervenirlas. Al realizar las reparaciones, los encargados de mantenimiento de las aerolíneas evidenciaban que en la mayoría de los casos no se reducían el número de fallas y por el contrario aumentaban. El duro camino que tuvieron que transitar los mantenedores de esa época para fomentar la transformación del mantenimiento en la aviación comercial desde un cumulo de supuestos y tradiciones hasta llegar a un método analítico y sistemático dio lugar al nacimiento del RCM, actualmente la aviación comercial es la forma más segura de viajar.

---

<sup>2</sup> El camino hacia el RCM (2017). Recuperado de: [www.reabilityweb.com](http://www.reabilityweb.com)

El mantenimiento centrado en confiabilidad o RCM es la forma más tecnológica de abordar el mantenimiento, es cierto que tiene detrás cierta complicación y que requiere de ciertos recursos y metodología, pero los resultados que se obtienen con esta técnica son indiscutiblemente buenos, en los casos en que esté justificado utilizarla sin duda va a ser la alternativa más interesante para desarrollar la gestión del mantenimiento.

El mantenimiento centrado en confiabilidad se basa en analizar fallas potenciales que puede tener el equipo o sistema, se determinan todos los fallos potenciales, se categorizan en diferentes categorías para estudiar a continuación las medidas preventivas que se pueden adoptar, estas medidas preventivas tienen diferentes naturalezas, pueden ser tareas de mantenimiento que hay que realizar con cierta periodicidad tales como sustituciones de piezas, revisiones, protocolos de operación, modificaciones o rediseños. En este orden de ideas los pasos principales para realizar un mantenimiento RCM podrían ser:

- Estructurar el árbol jerárquico de equipos de la planta.
- Estudiar las especificaciones técnicas de cada sistema, subsistema y equipo de la planta.
- Definir las funciones que emanan de las especificaciones.
- Definir los fallos que puede tener cada equipo.
- Definir los modos de fallo de cada equipo.
- Tomar medidas preventivas para evitar los modos de fallo.
- Agrupar las tareas de mantenimiento (Plan de mantenimiento).

Este conjunto de etapas responde las 7 preguntas fundamentales del RCM, las cuales son:

- ¿Cuáles son las funciones y estándares de desempeño del activo en su actual contexto operacional?
- ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
- ¿De qué manera afecta la falla?
- ¿Qué se puede hacer para predecir y/o prevenir las fallas?
- ¿Qué se puede hacer si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

## 4. INVENTARIO Y CLASIFICACION DE LOS EQUIPOS

### 4.1 CODIFICACIÓN

Para la codificación se utiliza una estructura arbórea en las que se indiquen las relaciones de dependencia de los sistemas y equipos de la planta. Se establece la siguiente estructura para la creación del código de cada equipo:

- **Nivel 1 (Planta):** Consta de un código de cuatro caracteres, dos letras que simbolizan las siglas de la empresa y dos números que se le asignan a la planta.
- **Nivel 2 (Sistema):** Consta de un código de cinco caracteres, cuatro letras que simbolizan el sistema de la planta, más un número que permite diferenciar los mismos tipos de sistema ya que en un futuro se pretende ampliar la planta.
- **Nivel 3 (Equipo):** Consta de un código de cuatro caracteres, tres letras que simbolizan el nombre del equipo y un numero para diferenciar los demás equipos similares.
- **Nivel 4 (Elementos):** Consta de un código de cuatro caracteres, tres letras que simbolizan el nombre del elemento o parte del equipo y un numero para diferenciar posibles elementos que se repitan.

### 4.2 LISTADO DE ACTIVOS

El listado de activos de cada sistema de la planta se hace bajo los parámetros planteados anteriormente.

Tabla 4. Codificación equipos sistema de calentamiento

 ACERIAS ACEMET SAS.		CODIFICACIÓN PLANTA PUERTO BOYACÁ				
Planta	Sistema	Equipo	Elemento	Código sugerido	Descripción	
AA01	SCAL1	HRN1		AA01-SCAL1-HRN1	HORNO	
AA01	SCAL1	HRN1	EMP1	AA01-SCAL1-HRN1-EMP1	EMPUJADOR	
AA01	SCAL1	HRN1	QUE1	AA01-SCAL1-HRN1-QUE1	QUEMADORES	
AA01	SCAL1	HRN1	VNT1	AA01-SCAL1-HRN1-VNT1	VENTILADOR AIRE DE COMBUSTIÓN	
AA01	SCAL1	STH1		AA01-SCAL1-STH1	ESTACION HIDRAULICA EMPUJADOR	
AA01	SCAL1	STC1		AA01-SCAL1-STC1	ESTACIÓN DE COMBUSTIBLE	
AA01	SCAL1	STC1	TQP1	AA01-SCAL1-STC1-TQP1	TANQUE PRINCIPAL 3.000 GALONES	
AA01	SCAL1	STC1	TQA1	AA01-SCAL1-STC1-TQA1	TANQUE AUXILIAR 65 GALONES	
AA01	SCAL1	STC1	BOM1	AA01-SCAL1-STC1-BOM1	BOMBA IMO 1800 RPM	
AA01	SCAL1	STC1	MOT1	AA01-SCAL1-STC1-MOT1	MOTOR SIEMENS 1 HP	
AA01	SCAL1	STC1	BOM2	AA01-SCAL1-STC1-BOM2	BOMBA IMO 3600 RPM	
AA01	SCAL1	STC1	MOT2	AA01-SCAL1-STC1-MOT2	MOTOR CEM 1 HP	

Tabla 5. Codificación equipos sistema de laminación

 ACERIAS ACEMET SAS.		CODIFICACIÓN PLANTA PUERTO BOYACÁ				
Planta	Sistema	Equipo	Elemento	Código sugerido	Descripción	
AA01	SLAM1	CDE1		AA01-SLAM1-CDE1	CAJA DESBASTE	
AA01	SLAM1	CDE1	CRD1	AA01-SLAM1-CDE1-CRD1	CARDANES CAJA DESBASTE	
AA01	SLAM1	CPR1		AA01-SLAM1-CPR1	CAJA PREPARADO	
AA01	SLAM1	CPR1	CRP1	AA01-SLAM1-CPR1-CRP1	CARDANES CAJA PREPARADO	
AA01	SLAM1	CTE1		AA01-SLAM1-CTE1	CAJA TERMINADO	
AA01	SLAM1	CTE1	CRT1	AA01-SLAM1-CTE1-CRT1	CARDANES CAJA TERMINADO	
AA01	SLAM1	MOT1		AA01-SLAM1-MOT1	MOTOR SIEMENS	
AA01	SLAM1	SBP1		AA01-SLAM1-SBP1	SISTEMA BANDA POLEA	
AA01	SLAM1	VOL1		AA01-SLAM1-VOL1	VOLANTE DE INERCIA	
AA01	SLAM1	ACM1		AA01-SLAM1-ACM1	ACOPLE LADO MOTOR	
AA01	SLAM1	ACR1		AA01-SLAM1-ACR1	ACOPLE LADO REDUCTOR	
AA01	SLAM1	RED1		AA01-SLAM1-RED1	REDUCTOR	
AA01	SLAM1	CZL1		AA01-SLAM1-CZL1	CIZALLA HIDRÁULICA CORTE DE VARILLA TERMINADA	
AA01	SLAM1	CZL1	MOT3	AA01-SLAM1-CZL1-MOT3	MOTOR ELÉCTRICO 15 HP CIZALLA	
AA01	SLAM1	CZL1	BOM3	AA01-SLAM1-CZL1-BOM3	BOMBA HIDRÁULICA CIZALLA	
AA01	SLAM1	MES1		AA01-SLAM1-MES1	MESA DE ENFRIAMIENTO	

Tabla 6. Codificación equipos sistema puente grúa


 ACERIAS ACEMET SAS.		CODIFICACIÓN PLANTA PUERTO BOYACÁ				
Planta	Sistema	Equipo	Elemento	Código sugerido	Descripción	
AA01	SPGR1	STP1		AA01-SPGR1-STP1	ESTRUCTURA PRINCIPAL	
AA01	SPGR1	PTG1		AA01-SPGR1-PTG1	PUENTE GRÚA MONOVIGA ABUS	
AA01	SPGR1	POL1		AA01-SPGR1-POL1	POLIPASTO ABUS 10 TON	

Tabla 7. Codificación equipos sistema eléctrico

 ACERIAS ACEMET SAS.		CODIFICACIÓN PLANTA PUERTO BOYACÁ				
Planta	Sistema	Equipo	Elemento	Código sugerido	Descripción	
AA01	STEL1	TRA1		AA01-STEL1-TRA1	TRANSFORMADOR 350 KVA 13.800/480 VOLTIOS	
AA01	STEL1	CCM1		AA01-STEL1-CCM1	CCM 480 VOLTIOS	
AA01	STEL1	PAL1		AA01-STEL1-PAL1	PANELES DE ALUMBRADO	
AA01	STEL1	CIC1		AA01-STEL1-CIC1	CIRCUITOS DE CORRIENTE DE CONTROL	

## 5. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Tiene como fin establecer una jerarquía o prioridad en procesos, sistemas o equipos, facilitando la toma de decisiones para direccionar el esfuerzo o recursos hacia las áreas donde sea más necesario mejorar la confiabilidad operacional. Para realizar el análisis de criticidad primero se evalúa la importancia de cada equipo de acuerdo con el riesgo que representa una falla en su condición de funcionamiento, para este fin se utilizará el método de los factores ponderados donde se le asigna un valor en base a la consecuencia de la falla en el equipo.

### 5.1 METODO DE FACTORES PONDERADOS BASADOS


El método para utilizar será el de factores ponderados basados en el concepto de riesgo. Los factores ponderados para el análisis de criticidad serán:

- Frecuencia de fallas: Número de veces que ocurre un mismo fallo en un periodo de tiempo determinado.
- Impacto operacional: Impacto en la producción al ocurrir una falla o avería.
- Flexibilidad operacional: Facilidad que se tiene en la línea de producción de hacer una reparación o cambio rápido sin afectar los costos de producción.
- Costo de mantenimiento: Son los costos derivados de las actividades de mantenimiento.
- Impacto en seguridad, ambiente e higiene: Son las consecuencias positivas o negativas de la interacción entre un sistema, equipo o elemento sobre las personas o en medio donde se desarrolla.

La recolección de la información para el desarrollo del análisis de criticidad se realizó con ayuda del personal encargado de mantenimiento de la planta, mediante la elaboración

de un formato tipo encuesta (ver Tabla 8) en la que se tuvo en cuenta la opinión de técnicos y operarios de los equipos.

Tabla 8. Formato para análisis de criticidad<sup>3</sup>

<b>FORMATO PARA ANÁLISIS DE CRITICIDAD</b>		 ACERIAS ACEMET SAS.	
EQUIPO:		ELABORÓ:	
CÓDIGO:		FECHA:	
<b>FRECUENCIA DE FALLAS</b>		<b>Marque con una X</b>	
Pobre mayor a 2 fallas/año	4		
Promedio 1-2 fallas/año	3		
Buena 0.5-1 fallas/año	2		
Excelente menos de 0.5 fallas/año	1		
<b>IMPACTO OPERACIONAL</b>			
Perdida de todo el despacho	10		
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas	7		
Impacta en niveles de inventario o calidad	4		
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1		
<b>FLEXIBILIDAD OPERACIONAL</b>			
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4		
Hay opción de repuesto compartido/almacén	2		
Función de repuesto disponible	1		
<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>			
Mayor o igual al 5% del costo del equipo	2		
Inferior al 5% del costo total del equipo	1		
<b>IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE E HIGIENE</b>			
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación ante externos de la organización	8		
Afecta el ambiente/instalaciones	7		
Afecta las instalaciones causando daños severos	5		
Provoca daños menores (ambiente- seguridad)	3		
No provoca ningún daño a personas, instalaciones o ambientes	1		

<sup>3</sup> BORRÁS PINILLA, Carlos. Análisis de Criticidad en Activos. En: Ingeniería de Mantenimiento. Material Docente. Bucaramanga: UIS, 2015. P.2.

## 5.2 MATRIZ DE CRITICIDAD DE LOS ACTIVOS

La matriz de criticidad clasifica los equipos en Sistemas No Críticos (NC), Sistemas de Media Criticidad (MC) y Sistemas Críticos (C), en base a su índice de criticidad (Figura 15).

- Área de sistemas No Críticos (NC) (Índice de criticidad 1-25): Equipos que no afectan la producción en caso de fallar. Estos equipos pueden estar sometidos a mantenimiento correctivo.
- Área de sistemas de Media Criticidad (MC) (Índice de criticidad 25-59): Equipos que afectan levemente la producción en caso de fallo. Estos equipos deben ser incluidos en el plan de mantenimiento preventivo.
- Área de sistemas Críticos (C) (Índice de criticidad 60-200): Equipos que al fallar ocasionada una parada en la producción, deben ser incluidos en el plan de mantenimiento correctivo.

Figura 17. Matriz de criticidad

MATRIZ DE CRITICIDAD																																																			
FRECUENCIA	4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	104	108	112	116	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	160	164	168	172	176	180	184	188	192	196	200
	3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81	84	87	90	93	96	99	102	105	108	111	114	117	120	123	126	129	132	135	138	141	144	147	150
	2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100
	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
	CONSECUENCIA																																																		

Para el cálculo de la consecuencia total y de la criticidad se utilizarán las siguientes ecuaciones:

Ecuación 1. Ecuación de consecuencia.

$$\text{Consecuencia} = (\text{Impacto Operacional} * \text{Flexibilidad Operacional} + \text{Costo de Mantenimiento} + \text{Impacto HSE})$$

Ecuación 2. Ecuación de criticidad

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de Falla} * \text{Consecuencia}$$

### 5.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD

A continuación, se muestran los resultados del análisis de criticidad para los equipos de la planta de laminación.

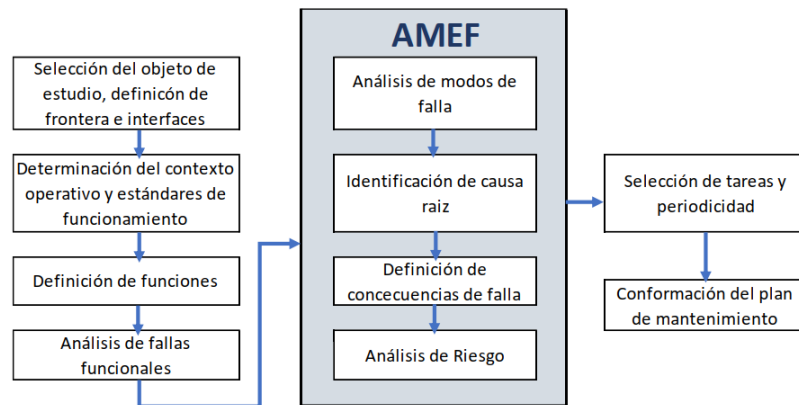
Tabla 9. Resultados del análisis de criticidad en la planta laminadora

CÓDIGO	EQUIPO	FRECUENCIA DE FALLAS	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO DE MTTO	IMPACTO HSE	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
AA01-SCAL1-HRN1	HORNO	1	7	2	1	7	17	17
AA01-SCAL1-HRN1-EMP1	EMPUJADOR	1	7	2	1	1	11	11
AA01-SCAL1-HRN1-QUE1	QUEMADORES	1	7	2	1	7	17	17
AA01-SCAL1-HRN1-VNT1	VENTILADOR AIRE DE COMBUSTIÓN	1	7	2	1	1	11	11
AA01-SCAL1-STH1	ESTACION HIDRAULICA EMPUJADOR	2	7	4	1	1	13	26
AA01-SCAL1-STC1-TQP1	TANQUE PRINCIPAL 3.000 GALONES	1	7	1	1	8	17	17
AA01-SCAL1-STC1-TQA1	TANQUE AUXILIAR 65 GALONES	1	7	1	1	8	17	17
AA01-SCAL1-STC1-BOM1	BOMBA IMO 1800 RPM	3	1	2	1	3	7	21
AA01-SCAL1-STC1-MOT1	MOTOR SIEMENS 1 HP	3	1	2	1	1	5	15
AA01-SCAL1-STC1-BOM2	BOMBA IMO 3600 RPM	3	7	4	1	3	15	45
AA01-SCAL1-STC1-MOT2	MOTOR CEM 1 HP	3	7	4	1	1	13	39
AA01-SLAM1-CDE1	CAJA DESBASTE	4	10	4	2	1	17	68
AA01-SLAM1-CPR1	CAJA PREPARADO	4	10	4	2	1	17	68
AA01-SLAM1-CTE1	CAJA TERMINADO	4	10	4	2	1	17	68
AA01-SLAM1-MOT1	MOTOR SIEMENS	3	10	4	1	1	16	48
AA01-SLAM1-SBP1	SISTEMA BANDA POLEA	2	10	2	2	1	15	30
AA01-SLAM1-VOL1	VOLANTE DE INERCIA	1	4	4	2	3	13	13
AA01-SLAM1-ACM1	ACOPLE LADO MOTOR	1	10	4	2	3	19	19
AA01-SLAM1-ACR1	ACOPLE LADO REDUCTOR	1	10	4	2	3	19	19
AA01-SLAM1-RED1	REDUCTOR	4	10	4	2	1	17	68
AA01-SLAM1-CZL1	CIZALLA HIDRÁULICA CORTE DE VARILLA TERMINADA	3	7	4	1	1	13	39
AA01-SLAM1-CZL1-MOT3	MOTOR ELÉCTRICO 15 HP CIZALLA	3	7	4	1	1	13	39
AA01-SLAM1-CZL1-BOM3	BOMBA HIDRÁULICA CIZALLA	3	7	4	1	1	13	39
AA01-SLAM1-MES1	MESA DE ENFRIAMIENTO	1	4	4	1	3	12	12
AA01-SPGR1-STP1	ESTRUCTURA PRINCIPAL PUENTE GRÚA	1	4	4	2	7	17	17
AA01-SPGR1-PTG1	PUENTE GRÚA MONOVIGA ABUS	1	4	4	2	5	15	15
AA01-SPGR1-POL1	POLIPASTO ABUS 10 TON	1	4	4	2	5	15	15
AA01-STEL1-TRA1	TRANSFORMADOR 350 KVA 13.800/480 VOLTIOS	2	10	4	2	7	23	46
AA01-STEL1-CCM1	CCM 480 VOLTIOS	1	10	4	1	3	18	18
AA01-STEL1-PAL1	PANELES DE ALUMBRADO	1	4	4	1	3	12	12
AA01-STEL1-CIC1	CIRCUITOS DE CORRIENTE DE CONTROL	1	4	4	1	3	12	12

## 6. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM

Con esta metodología se busca crear un primer plan de mantenimiento preventivo para los equipos de mediana y alta criticidad de la planta laminadora de Puerto Boyacá. Como nos muestra la Figura 18, el Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) es parte esencial del RCM ya que estudia a fondo las causas y consecuencias de las fallas en los equipos.

Figura 18. Diagrama de flujo para aplicación del RCM.



Fuente: Modificado de: ORTIZ, Daniel. Memorias Clase de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad - RCM. ESPECIALIZACIÓN DE GERENCIA DE MANTENIMIENTO. UIS. Bucaramanga 2010.

### 6.1 ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (AMEF)

En este caso se utiliza el AMEF de sistema que cumple la función de analizar sistemas completos y subsistemas. Realizar el AMEF es de carácter obligatorio al aplicar la metodología RCM ya que se debe cumplir con un cierto componente documental, a continuación se muestran los formatos para la realización del AMEF a los sistemas de la

planta que se componen de los equipos que obtuvieron media y alta criticidad en el análisis de criticidad.

Figura 19. AMEF Horno

Función		Falla funcional		Modo de falla		Efectos de las fallas			
1	Elevar la temperatura del material hasta 1280°C	A	El material se funde dentro del horno	1	Descalibración de los sensores de temperatura del horno	Medición de temperatura inferior a la real lo que produce un sobrecalentamiento del material			
				2	No actúa el empujador	El material se queda estancado en el horno demasiado tiempo			
		B	Temperatura de salida del material demasiado alta	1	Llama del quemador demasiado alta	Se sobrepasa la temperatura ideal para laminar el material			
				2	Velocidad de avance del empujador demasiado baja	El material se expone demasiado tiempo a la temperatura interna del horno			
		C	Temperatura de salida del material demasiado baja	1	Llama del quemador demasiado baja	No se alcanza la temperatura ideal para laminar el material			
				2	Ventilador de aire de combustión apagado o baja velocidad	Reducción en el flujo de aire necesario para la combustión en el quemador			
				3	Quemador apagados	Disminución de la temperatura interna del horno			
				4	Bajo caudal de ACPM en el quemador	Disminución de la llama en los quemadores			
				5	Fuga de ACPM en el quemador	La llama del quemador disminuye o se apaga			
				6	Agrietamiento en las paredes internas del horno (ladrillo refractario)	Pérdida de temperatura interna del horno			
		D	Temperatura irregular del material	1	Llama irregular a lo largo del quemador	El material no se calienta homogéneamente			
				2	Taponamiento de algunas salidas del quemador	El material no se calienta homogéneamente			
		2	Contener y evacuar los gases de combustión	A	Escape de humo por las puertas de ingreso y salida de material	1	Taponamiento de la chimenea	Incomodidad de los operarios para respirar por el humo	
				B	Escape de humo por el ducto de salida	1	Agrietamiento en las paredes del ducto	Incomodidad de los operarios para respirar por el humo	

Figura 20. AMEF Empujador hidráulico


		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA				
Sistema: Calentamiento		Facilitador: Jefferson Mejia		Revisado por:	Fecha de creación: 2022	Hoja: 2
Subsistema: Empujador hidráulico					Fecha de revisión:	De: 15
Versión del documento: 1		Código:		AA01-SCAL1-HRN1-EMP1		
Función		Falla funcional		Modo de falla		Efectos de las fallas
1	Empujar el material a través del horno hasta la salida	1	El empujador no avanza	1	Falla estación hidráulica	No hay presión de trabajo para accionar el empujador
				2	Fuga de aceite hidráulico en el sello del cilindro	No hay presión de trabajo para accionar el empujador
				3	Daño tablero de mando	No se recibe señal para accionar el empujador
				4	Obstrucción del empujador	Bloqueo del empujador
		2	El empujador se mueve con lentitud	1	Falla estación hidráulica	Disminución de la presión de trabajo para accionar el empujador
				2	Fuga de aceite hidráulico en el sello del cilindro	Disminución de la presión de trabajo para accionar el empujador
		3	El empujador no vuelve a la posición inicial	1	Acumulación excesiva de residuos	Obstrucción del empujador por residuos

Figura 21. AMEF Estación hidráulica empujador

ACERAS ACERET S.A.S.		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA				
Sistema: Calentamiento		Facilitador: Jefferson Mejia	Revisado por:	Fecha de creación: 2022	Hoja: 3	
Subsistema: Estación hidráulica empujador				Fecha de revisión:	De: 15	
Versión del documento: 1		Código:	AA01-SCAL1-STH1			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de las fallas			
1	Generar presión hidráulica para accionar el cilindro hidráulico del empujador	1	Presión hidráulica por debajo de lo normal	1	Daño motor de la bomba	Disminución de presión de trabajo para accionar el cilindro
				2	Activación de protección térmica del motor	Parada del motor de la bomba hidráulica
				3	Fuga de aceite hidráulico	Disminución del aceite hidráulico ocasionando disminución de presión
				4	Obstrucción de tubería	Disminución o caída total de la presión
				5	Fuga en los sellos bomba hidráulica	Disminución del caudal y presión
				6	Daño acople mecánico	No se transmite energía mecánica a la bomba
2	Presión hidráulica por encima de lo normal	1	Presión hidráulica por encima de lo normal	1	Velocidad excesiva del motor de la bomba	Aumento de la presión de trabajo
				2	Descalibración de presostato	Lectura de presión menor a la presión de trabajo real
				3	Descalibración de flujostato	Lectura errónea del flujo
2	Almacenar 10 galones de aceite hidráulico	1	Nivel de aceite en los tanques por debajo del nivel recomendado	1	Fuga de aceite en el tanque	Reducción del nivel de aceite hidráulico. El equipo sale de funcionamiento al accionar la alarma de bajo nivel
				2	Fuga de aceite en tuberías y mangueras	Disminución de la presión de trabajo. Reducción del nivel de aceite hidráulico
				3	Fuga de aceite en la bomba	Disminución o caída total del caudal y presión. Reducción del nivel de aceite hidráulico
3	Alertar niveles bajos de aceite hidráulico	1	No se acciona la alarma de bajo nivel	1	Daño sensor de nivel	Lectura errónea del nivel actual del ACPM

Figura 22. AMEF Estación de combustible

ACERAS ACERET BAR		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA					
Sistema: Calentamiento		Facilitador: Jefferson Mejia	Revisado por:	Fecha de creación: 2022	Hoja: 4		
Subsistema: Estación de combustible				Fecha de revisión:	De: 15		
Versión del documento: 1		Código:	AA01-SCAL1-STC1				
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de las fallas				
1	Alimentar de combustible ACPM al quemador del horno	1	Caudal de ACPM bajo	1	Daño motor de la bomba	Disminución o pérdida de presión en la bomba	
				2	Activación de protección térmica del motor	Parada del motor de la bomba	
				3	Fuga en la tubería de ACPM	Disminución de la presión y caudal de salida de la bomba. Ruido y vibración en la bomba.	
				4	Obstrucción en la tubería de ACPM	Disminución o caída total de la presión	
				5	Fuga en los sellos de la bomba de tornillo rotativo	Disminución o caída total del caudal y presión	
			6	Daño acople mecánico	No se transmite energía mecánica a la bomba		
		2	Presión de salida del ACPM por encima de lo normal	1	Velocidad excesiva del motor de la bomba	Aumento de la presión de trabajo	
	2			Descalibración de flujostato	Lectura del flujo menor al flujo real de salida		
	2	Almacenar 3.065 galones de ACPM	1	Nivel de aceite en los tanques por debajo del nivel recomendado	1	Fuga de ACPM en el tanque	Reducción del nivel de ACPM. El equipo sale de funcionamiento al accionar la alarma de bajo nivel
					2	Fuga de ACPM en tuberías y mangueras	Disminución de la presión de trabajo. Reducción del nivel de ACPM.
3					Fuga de ACPM en las bombas	Disminución o caída total del caudal y presión. Reducción del nivel de ACPM.	
3	Alertar niveles bajos de ACPM	1	No se acciona la alarma de bajo nivel	1	Daño sensor de nivel	Lectura errónea del nivel actual del aceite	

Figura 23. AMEF Motor Siemens 200 HP

ACERIAS ACENET SAS		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA					
Sistema: Laminación		Facilitador: Jefferson Mejia	Revisado por:	Fecha de creación: 2022	Hoja: 5		
Subsistema: Motor Siemens 200 HP				Fecha de revisión:	De: 15		
Versión del documento: 1		Código:	AA01-SLAM1-MOT1				
Función	Falla funcional	Modo de falla		Efectos de las fallas			
1	A	El motor no arranca	1	Tensión insuficiente	El motor no se pone en marcha, se puede generar un aumento en la corriente del motor produciendo daño en el aislamiento del bobinado		
			2	Exceso de carga	El motor es incapaz de entrar en funcionamiento y se produce calentamiento		
			3	Corto en circuito de alimentación	No se transmite tensión al motor		
			4	Escobillas desgastadas	Desbalance en el motor al momento de arrancar		
			5	Daño en sistema de arranque	El motor no se pone en marcha		
			6	Rodamientos atascados	Las balineras atascadas del motor impiden su giro		
	B	El motor se detiene	1	Perdida de escobillas	Se genera una pérdida de fuerza del motor, aumentando el consumo de corriente y se compromete el bobinado del motor		
			2	Exceso de carga	Se eleva el consumo de corriente del motor, se produce recalentamiento y daño en el aislamiento de las bobinas		
			3	Caída de tensión de alimentación	Se eleva el consumo de corriente y se compromete el bobinado del motor		
			4	Perdida de fase	Pérdida de fuerza del motor, se eleva el consumo de corriente y se compromete el bobinado del motor		
			5	Daño rodamientos	Aumenta la fricción interna al momento de girar, aumento de consumo de corriente y recalentamiento		
			6	Temperatura elevada	La alarma de temperatura dispara las protecciones del motor y este se detiene		
	C	Velocidad del motor por debajo de lo normal	1	Daño escobillas	Se produce un desbalance en el motor		
			2	Baja tensión	Se genera un aumento en el consumo de corriente del motor y se compromete el aislamiento del bobinado		
	2	A	Temperatura se eleva por encima de 60°C	1	Obstrucción de filtros de aire	Disminución de la entrada de aire al motor	
				2	Sobrecarga	Elevación de temperatura interna	
				3	Sobretensión	Elevación de temperatura interna	

Figura 24. AMEF Banda Polea

ACERIAS ACENET SAS		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA					
Sistema: Laminación		Facilitador: Jefferson Mejia		Revisado por:	Fecha de creación: 2022		
Subsistema: Banda Polea					Hoja: 6		
Versión del documento: 1		Código:		AA01-SLAM1-SBP1			
Fecha de revisión:				De: 15			
Función		Falla funcional		Modo de falla		Efectos de las fallas	
1	Transmitir potencia del motor al reductor	A	La polea no recibe el movimiento del motor	1	Rotura de las banda	Perdida de movimiento en la polea conducida	
				2	Daño en los pines de seguridad	Se produce daño en los rodillos laminadores si en ese momento se está laminando material	
		B	Perdida de potencia	1	Bloqueo rodamientos del eje de polea	Se produce un frenado si los rodamientos de algun eje de polea se ecuentra con mucha fricción interna	
				2	Grasa o suciedad en las bandas	Se crea una capa de grasa o suciedad entre las poleas y las bandas disminuyendo la fricción entre ellas	
				3	Agrietamiento/desgaste de las bandas	Perdida de fricción entre las bandas y las poleas	
				4	Desalineamiento de las poleas	Perdida de fricción entre las bandas y las poleas	
	5			Daño en rodamientos	Se puede producir rotura o daño en los piñones		
	C	Ruidos de funcionamiento	1	Bloqueo rodamientos del eje de poleas	Vibración y ruido por el aumento de fricción interna de los rodamientos		
			2	Grasa o suciedad en las bandas	Vibración y ruido		
			3	Agrietamiento/desgaste de las bandas	Vibración y ruido		
			4	Desalineamiento de las poleas	Vibración y ruido		
			5	Daño en tornillería de anclaje	Se produce desajuste en el anclaje produciendo vibración y ruido excesivo.		
			6	Desalineación de acoples	Se transmite la deaslineación a los componentes internos del reductor. Vibración y ruido excesivo.		

Figura 25. AMEF Volante de inercia

ACERIAS ACENET SAS		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA				
Sistema:		Laminación	Facilitador:	Revisado por:	Fecha de creación:	Hoja:
Subsistema:		Volante de inercia	Jefferson Mejia		2022	7
Versión del documento:		1	Código:	AA01-SLAM1-VOL1		
Función		Falla funcional	Modo de falla		Efectos de las fallas	
1	Suavizar el flujo de energía entre el motor y el tren de laminación	A	El volante no almacena energía cinética	1	Bloqueo en los rodamientos de las chumaceras	Se produce un frenado si los rodamientos de algun eje de polea se ecuentra con mucha fricción interna
				2	Desbalance de masa del volante por corrosión	Se producen vibraciones que se transmiten al eje por la perdida de material en alguna zona del volante
				3	Desajuste de los pernos de anclaje de las chumaceras	Se producen vibraciones que se transmiten al eje por el desajuste de los pernos
				4	Rotura de sellos de las chumaceras	Ingresan particulas entre el eje y la chumacera produciendo vibraciones

Figura 26. AMEF Acople de cadena lado motor

ACERIAS ACENET SAS		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA				
Sistema:		Laminación	Facilitador:	Revisado por:	Fecha de creación:	Hoja:
Subsistema:		Acople de cadena lado motor	Jefferson Mejia		2022	8
Versión del documento:		1	Código:	AA01-SLAM1-ACM1		
Función		Falla funcional	Modo de falla		Efectos de las fallas	
1	Unir y transmitir par de torsión entre la polea y el eje del volante de inercia	A	El volante de inercia no recibe el movimiento	1	Rotura de las cadenas de acople	Perdida de movimiento en el eje del volante de inercia
				2	Rotura de los dientes del engrane	Perdida de movimiento en el eje del volante de inercia
		B	Perdida de potencia	1	Desalineamiento de los dos ejes acoplados	Se produce vibración y se pierde potencia. Si el desalineamiento excede el permitido por el acople, este se rompe.
				2	Desgaste en los rodillos de la cadena	Aumento de la cavidad interna de el acople donde se enganchan los dientes del engrane. Se produce vibración.
				3	Desgaste en los dientes del engrane	Se pierde el ajuste entre el engrane y la cadena ocasionando vibración.

Figura 27. AMEF Acople de cadena lado reductor


		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA				
Sistema: Laminación		Facilitador: Jefferson Mejia		Revisado por:	Fecha de creación: 2022	Hoja: 9
Subsistema: Acople de cadena lado reductor					Fecha de revisión:	De: 15
Versión del documento: 1		Código:		AA01-SLAM1-ACR1		
Función		Falla funcional		Modo de falla		Efectos de las fallas
1	Unir y transmitir par de torsión entre eje del volante de inercia y el reductor	1	El reductor no recibe el movimiento	1	Rotura de las cadenas de acople	Perdida de movimiento en el reductor
				2	Rotura de los dientes del engrane	Perdida de movimiento en el eje de entrada del reductor
		2	Perdida de potencia	1	Desalineamiento de los dos ejes acoplados	Se produce vibración y se pierde potencia. Si el desalineamiento excede el permitido por el acople, este se rompe.
				2	Desgaste en los rodillos de la cadena	Aumento de la cavidad interna de el acople donde se enganchan los dientes del engrane. Se produce vibración.
				3	Desgaste en los dientes del engrane	Se pierde el ajuste entre el engrane y la cadena ocasionando vibración.

Figura 28. AMEF Reductor

ACERIAS ACENET SAS		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA				
Sistema: Laminación		Facilitador: Jefferson Mejia		Revisado por:	Fecha de creación: 2022	Hoja: 10
Subsistema: Reductor					Fecha de revisión:	De: 15
Versión del documento: 1		Código:		AA01-SLAM1-RED1		
Función		Falla funcional		Modo de falla		Efectos de las fallas
1	Transmitir potencia del motor al tren de laminación	A	El reductor no recibe el movimiento del motor	1	Daño en los acoples de entrada	Se produce daño en los rodillos laminadores si en ese momento se está laminando material
				2	Daño en los pines de seguridad	Se produce daño en los rodillos laminadores si en ese momento se está laminando material
		B	El reductor no trasmite el movimiento a la caja laminadora	1	Daño en los acoples de salida	Se detiene la producción. Se produce daño en los rodillos laminadores si en ese momento se está laminando material
				2	Daño en los pines de seguridad	Se detiene la producción. Se produce daño en los rodillos laminadores si en ese momento se está laminando material
				3	Daño en piñones	Daño a los demás componentes internos del reductor
				4	Eje roto	Se detiene la producción. Se produce daño en los rodillos laminadores si en ese momento se está laminando material
	5			Daño en rodamientos	Se puede producir rotura o daño en los piñones	
	C	Ruidos de funcionamiento	1	Daño en rodamientos	Vibración y ruido excesivo	
			2	Eje torcido	Desbalanceo de los demás componentes internos del reductor. Vibración y ruido excesivo	
			3	Perdida de dientes de los piñones	Vibración y ruido excesivo	
			4	Bajo nivel de aceite	Aumento de fricción de componentes internos del reductor. Vibración y ruido excesivo	
			5	Daño en tornillería de anclaje	Se produce desajuste en el anclaje produciendo vibración y ruido excesivo.	
			6	Desalineamiento de acoples	Se transmite la deaslineación a los componentes internos del reductor. Vibración y ruido excesivo.	

Figura 29. AMEF Caja de desbaste


		<b>ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA</b>								
Sistema:		Laminación		Facilitador:		Revisado por:		Fecha de creación:		Hoja:
Subsistema:		Caja de desbaste		Jefferson Mejia				2022		11
								Fecha de revisión:		De:
										15
Versión del documento:		1		Código:		AA01-SLAM1-CDE1				
<b>Función</b>		<b>Falla funcional</b>		<b>Modo de falla</b>		<b>Efectos de las fallas</b>				
1	Transmitir el movimiento del reductor a los rodillos laminadores de desbaste	A	La caja no recibe el movimiento del reductor	1	Daño/desacople cardanes de entrada	Perdida de giro en los rodillos laminadores de desbaste				
2	Realizar el proceso de desbaste mediante los rodillos laminadores	A	Los rodillos no giran	1	Daño cardanes de entrada	No se recibe movimiento del reductor				
				2	Obstrucción en los rodillos	Se puede producir un daño en los cardanes y en los rodillos al impedirse el giro				
				3	Atascamiento de rodamientos de rodillos	Se puede producir un daño en los cardanes al impedirse el giro				
		B	Velocidad de giro de los rodillos baja	1	Mala lubricación de rodamientos de rodillos	Se produce una excesiva fricción entre los componentes del rodamiento				
				2	Acumulación de residuos de material entre los rodillos	Los restos del material se acumulan e impiden el libre giro del rodillo				
				1	Desajuste pernos de anclaje chumacera	Se produce un balanceo del rodillo al girar sobre la chumacera				
D	Descalibración de presión entre rodillos	1	Desgaste de los rodillos	Se produce un aumento del juego entre rodillos al desgastarse el material de los mismos						
3	Transmitir el movimiento de los rodillos de desbaste a los rodillos laminadores de preparación	A	La caja no transmite el movimiento de los rodillos de desbaste	1	Daño/desacople cardanes de salida	Perdida de giro en los rodillos laminadores de preparación				

Figura 30. AMEF Caja de preparado


		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA						
Sistema:		Laminación		Facilitador:		Revisado por:	Fecha de creación:	Hoja:
Subsistema:		Caja de preparado		Jefferson Mejia			2022	12
Versión del documento:		1		Código:		AA01-SLAM1-CPR1		
Función		Falla funcional		Modo de falla		Efectos de las fallas		
1	Transmitir el movimiento de los rodillos de desbaste a los rodillos laminadores de preparado	A	La caja no recibe el movimiento de los rodillos de desbaste	1	Daño/desacople cardanes de entrada	Perdida de giro en los rodillos laminadores de preparado		
2	Realizar el proceso de preparado mediante los rodillos laminadores	A	Los rodillos no giran	1	Daño cardanes de entrada	No se recibe movimiento del reductor		
				2	Obstrucción en los rodillos	Se puede producir un daño en los cardanes y en los rodillos al impedirse el giro		
				3	Atascamiento de rodamientos de rodillos	Se puede producir un daño en los cardanes al impedirse el giro		
		B	Velocidad de giro de los rodillos baja	1	Mala lubricación de rodamientos de rodillos	Se produce una excesiva fricción entre los componentes del rodamiento		
				2	Acumulación de residuos de material entre los rodillos	Los restos del material se acumulan e impiden el libre giro del rodillo		
				1	Desajuste pernos de chumazera	Se produce un balanceo del rodillo al girar sobre la chumazera		
D	Descalibración de presión entre rodillos	1	Desgaste de los rodillos	Se produce un aumento del juego entre rodillos al desgastarse el material de los mismos				
3	Transmitir el movimiento de los rodillos de preparado a los rodillos laminadores de terminado	A	La caja no transmite el movimiento de los rodillos de preparado	1	Daño/desacople cardanes de salida	Perdida de giro en los rodillos laminadores de terminado		

Figura 31. AMEF Caja de terminado


		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA				
Sistema: Laminación		Facilitador: Jefferson Mejia		Revisado por:	Fecha de creación: 2022	Hoja: 13
Subsistema: Caja de terminado					Fecha de revisión:	De: 15
Versión del documento: 1		Código:		AA01-SLAM1-CTE1		
Función		Falla funcional		Modo de falla		Efectos de las fallas
1	Transmitir el movimiento de los rodillos de preparado a los rodillos laminadores de preparado	A	La caja no recibe el movimiento de los rodillos de preparado	1	Daño/desacople cardanes de entrada	Perdida de giro en los rodillos laminadores de terminado
2	Realizar el proceso de terminado mediante los rodillos laminadores	A	Los rodillos no giran	1	Daño cardanes de entrada	No se recibe movimiento del reductor
				2	Obstrucción en los rodillos	Se puede producir un daño en los cardanes y en los rodillos al impedirse el giro
				3	Atascamiento de rodamientos de rodillos	Se puede producir un daño en los cardanes al impedirse el giro
		B	Velocidad de giro de los rodillos baja	1	Mala lubricación de rodamientos de rodillos	Se produce una excesiva fricción entre los componentes del rodamiento
				2	Acumulación de residuos de material entre los rodillos	Los restos del material se acumulan e impiden el libre giro del rodillo
		C	Desalineamiento de rodillos	1	Desajuste pernos de chumazera	Se produce un balanceo del rodillo al girar sobre la chumazera
		D	Descalibración de presión entre rodillos	1	Desgaste de los rodillos	Se produce un aumento del juego entre rodillos al desgastarse el material de los mismos

Figura 32. AMEF Mesa de enfriamiento

ACERIAS ACENET SAS		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA				
Sistema: Laminación		Facilitador: Jefferson Mejia	Revisado por:	Fecha de creación: 2022	Hoja: 14	
Subsistema: Mesa de enfriamiento		Jefferson Mejia		Fecha de revisión:	De: 15	
Versión del documento: 1		Código:	AA01-SLAM1-MES1			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de las fallas			
1	Sostener correctamente las varillas terminadas hasta alcanzar la temperatura ambiente	A	La mesa no soporta el peso de las varillas	1	Sobrecarga de varillas en la mesa	Se produce un fallo de la estructura de la mesa de enfriamiento
				2	Corrosión en la estructura de la mesa	Se debilita el material de la estructura de la mesa por la corrosión
	B	Las varillas no se mantienen rectas	1	Varillas demasiado largas para el tamaño de la mesa	Las varillas se pandean mientras reposan en la mesa	

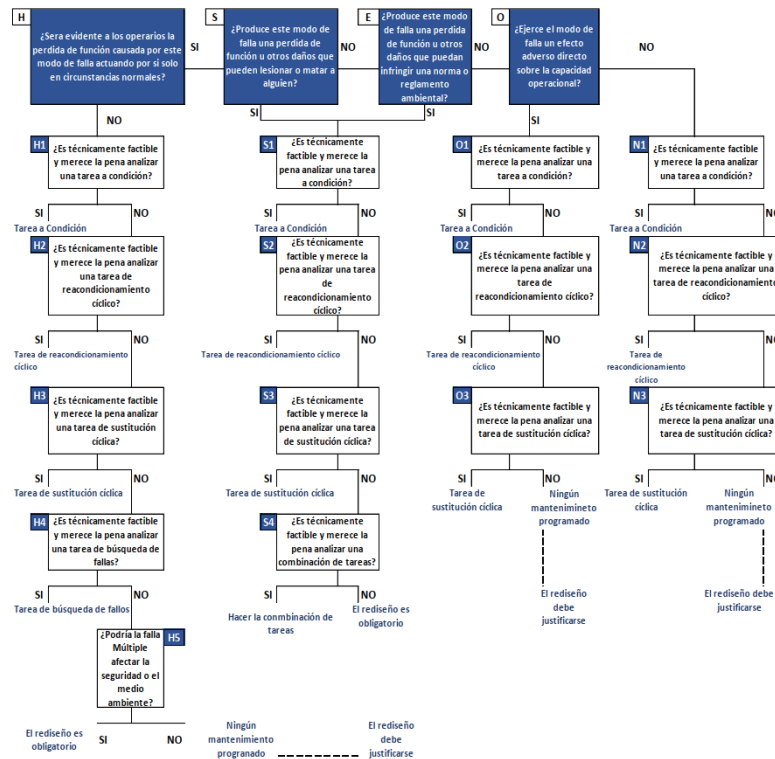
Figura 33. AMEF Cizalla hidráulica corte en frío

ACERIAS ACENET SAS		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLA				
Sistema: Laminación		Facilitador: Jefferson Mejia	Revisado por:	Fecha de creación: 2022	Hoja: 15	
Subsistema: Cizalla hidráulica corte en frío		Jefferson Mejia		Fecha de revisión:	De: 15	
Versión del documento: 1		Código:	AA01-SLAM1-CZL1			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efectos de las fallas			
1	Realizar el corte a la medida deseada de las varillas terminadas	A	No se realiza el corte	1	La válvula hidráulica no se acciona	No se acciona el cilindro hidráulico que transmite la potencia a la cuchilla de la cizalla
				2	Daño en la cuchilla	No se produce el corte de la varilla
				3	Sobrecarga motor	No se acciona la bomba hidráulica al dispararse la protección térmica del motor
				4	Fuga de aceite hidráulico	Perdida de presión de trabajo a la salida de la bomba hidráulica
	B	El corte se realiza incompleto	1	Cuchillas desafiladas	Las cuchillas son incapaces de penetrar completamente en la varilla	
			2	Baja presión hidráulica	Las cuchillas son incapaces de penetrar completamente en la varilla	

## 6.2 HOJAS DE DECISIÓN

Después de conocer los modos de falla, efectos de falla y sus consecuencias, el siguiente paso es encontrar las tareas adecuadas y el tipo de tareas adecuadas para los equipos de la planta, para esto se emplea el árbol lógico de decisiones de RCM (ver Figura 34) el cual nos orienta si debemos realizar una tarea a condición (H1/S1/O1/N1), realizar una tarea de reacondicionamiento cíclico (H2/S2/O2/N2), realizar una tarea de sustitución cíclica (H3/S3/O3/N3), realizar una tarea de búsqueda de fallas (H4) o realizar una combinación de tareas (S4). Se deben responder a las preguntas planteadas en el árbol lógico de decisiones con Sí (S) o No (N), hasta llegar a la tarea o decisión más adecuada para cada modo de falla.

Figura 34. Árbol lógico de decisión



Fuente: Modificado de: MOUBRAY, Jhon. Reliability-Centered Maintenance RCM II. New York: Industrial Press Inc. 1997. 421p

A continuación, se muestran los resultados de las hojas de decisión de los equipos de la planta analizados.

Figura 35. Hoja de decisión Horno


 <b>Resultados de la hoja de decisión</b>																
Sistema: Calentamiento						Facilitador: Jefferson Mejia				Hoja: 1						
Subsistema: Horno						Código: AA01-SCAL1-HRN1				De: 15						
Versión del documento: 1																
Referencia de Información			Evaluación de consecuencias				Decisión			Tareas "a falta de"		Tareas propuestas	Frecuencia	A realizar por		
F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1	H2 S2	H3 S3	H4	H5				S4	
O1 N1	O2 N2	O3 N3														
1	A	1	N				N	N	N	S			Tomar datos de todos los sensores para compararlos entre ellos y encontrar posibles descalibraciones. Limpiar	Semanal	Técnico mantenimiento	
		2	N				N	N	N	S			Revisar el mando de accionamiento del empujador. Limpiar	Semanal	Técnico mantenimiento	
	B	1	N				N	S					Chequeo del estado del regulador de combustible del quemador	Mensual	Técnico mantenimiento	
		2	N				N	N	N	S			Chequeo visual de la presión de salida de la bomba hidráulica	Diario	Técnico mantenimiento	
	C	1	S	N	N	S	N	S					Limpieza de las salidas del quemador	Mensual	Técnico mantenimiento	
		2	S	N	N	S	N	S					Limpieza partes internas del ventilador	Mensual	Técnico mantenimiento	
		3	N				N	S					Chequeo del estado del regulador de combustible del quemador	Mensual	Técnico mantenimiento	
		4	N				N	N	N	S			Chequeo visual del flujostato bomba hidráulica	Diario	Técnico mantenimiento	
		5	N				N	S					Chequeo del estado del regulador de combustible del quemador	Mensual	Técnico mantenimiento	
		6	N				N	N	N	S				Chequeo visual del estado del ladrillo refractario del horno	Semestral	Técnico mantenimiento
	D	1	S	N	N	S	N	S					Limpieza de las salidas del quemador	Mensual	Técnico mantenimiento	
		2	S	N	N	S	N	S					Limpieza de las salidas del quemador	Mensual	Técnico mantenimiento	
	2	A	1	S	N	N	S	N	S					Limpieza de la suciedad acumulada en la chimenea	Mensual	Técnico mantenimiento
		B	1	N				N	N	N	S			Chequeo visual del estado de las paredes del ducto de la chimenea	Semestral	Técnico mantenimiento

Figura 36. Hoja de decisión Empujador hidráulico


 <b>Resultados de la hoja de decisión</b>																
Sistema: Calentamiento					Facilitador: Jefferson Mejia					Hoja: 2						
Subsistema: Empujador hidráulico					Código: AA01-SCAL1-HRN1-EMP1					De: 15						
Versión del documento: 1																
Referencia de Información			Evaluación de consecuencias				Decisión			Tareas "a falta de"		Tareas propuestas	Frecuencia	A realizar por		
F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	H4	H5				S4	
1	A	1	N					N	N	N	S			Chequeo visual de fugas en la tubería y componentes hidráulicos.	Diario	Técnico de mantenimiento
		2	N					N	N	N	S			Chequeo visual de fugas en los sellos de cilindro del empujador	Diario	Técnico de mantenimiento
		3	N					N	S					Limpieza interna y revisión de los componentes del tablero de mando del empujador	Mensual	Técnico de mantenimiento
		4	N					N	N	N	S			Chequeo y limpieza de residuos dentro del horno de calenamiento	Semanal	Técnico de mantenimiento
	B	1	N					N	N	N	S			Chequeo visual de fugas en la tubería y componentes hidráulicos.	Diario	Técnico de mantenimiento
		2	N					N	N	N	S			Chequeo visual de fugas en los sellos de cilindro del empujador	Diario	Técnico de mantenimiento
	C	1	N					N	N	N	S			Chequeo y limpieza de residuos dentro del horno de calenamiento	Diario	Técnico de mantenimiento

Figura 37. Hoja de decisión Estación hidráulica empujador


 <b>Resultados de la hoja de decisión</b>																
Sistema: Calentamiento					Facilitador: Jefferson Mejia					Hoja: 3						
Subsistema: Estación hidráulica empujador					Código: AA01-SCAL1-HRN1-EMP1					De: 15						
Versión del documento: 1																
Referencia de Información			Evaluación de consecuencias				Decisión			Tareas "a falta de"		Tareas propuestas	Frecuencia	A realizar por		
F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	H4	H5				S4	
1	A	1	N					N	N	S				Cambio de filtro del sistema hidráulico	Trimestral	Técnico en mantenimiento
		2	S	N	N	S		N	S					Limpieza y lubricación periódica. Prueba del bobinado del motor.	Trimestral	Técnico en mantenimiento
		3	N					N	N	N	S			Chequeo visual de fugas en la tubería y componentes hidráulicos.	Diario	Técnico en mantenimiento
		4	N					N	S					Drenar y purgar el sistema hidráulico	Trimestral	Técnico en mantenimiento
		5	N					N	N	N	S			Chequeo visual de fugas en los sellos de la bomba hidráulica	Diario	Técnico en mantenimiento
		6	S	N	N	S			N	S					Verificar el ajuste del acople. Inspección y cambio del elastómero. Inspección y cambio de los tornillos prisioneros	Trimestral
	B	1	N					N	S					Prueba del bobinado de motor. Verificación del voltaje de alimentación	Trimestral	Técnico en mantenimiento
		2	N					N	S					Calibración del presostato	Anual	Técnico en mantenimiento
		3	N					N	S					Calibración del flujostato	Anual	Técnico en mantenimiento
2	A	1	N				N	N	N	S				Chequeo visual de fugas en el tanque de aceite	Diario	Técnico en mantenimiento
		2	N				N	N	N	S				Chequeo visual de fugas en las tuberías hidráulicas	Diario	Técnico en mantenimiento
		3	N				N	N	N	S				Chequeo visual de fugas en la bomba	Diario	Técnico en mantenimiento
3	A	1	N				N	S					Calibración o cambio del sensor de nivel de aceite	Anual	Técnico en mantenimiento	

Figura 38. Hoja de decisión Estación de combustible


										Resultados de la hoja de decisión									
Sistema: Calentamiento					Facilitador: Jefferson Mejía					Hoja: 4									
Subsistema: Estación de combustible					Código: AA01-SCAL1-STC1					De: 15									
Versión del documento: 1																			
Referencia de Información			Evaluación de consecuencias				Decisión			Tareas "a falta de"			Tareas propuestas			Frecuencia	A realizar por		
F	FF	MF	H	S	E	O	O1 N1	O2 N2	O3 N3	H4	H5	S4							
1	A	1	S	N	N	S	N	S					Limpieza y lubricación periódica. Prueba del bobinado del motor.	Trimestral	Técnico en mantenimiento				
		2	N				N	S					Prueba del bobinado de motor. Verificación del voltaje de alimentación	Trimestral	Técnico en mantenimiento				
		3	N				N	N	N	S			Chequeo visual de fugas en la tubería	Diario	Técnico en mantenimiento				
		4	N				N	S					Drenar y purgar el sistema de bombeo	Trimestral	Técnico en mantenimiento				
		5	N				N	N	N	S			Chequeo visual de fugas en los sellos de la bomba de ACPM	Diario	Técnico en mantenimiento				
		6	S	N	N	S	N	S					Verificar el ajuste del acople. Inspección y cambio del elastómero. Inspección y cambio de los tornillos prisioneros	Trimestral	Técnico en mantenimiento				
	B	1	N				N	S					Prueba del bobinado de motor. Verificación del voltaje de alimentación	Trimestral	Técnico en mantenimiento				
		2	N				N	S					Calibración del flujostato	Anual	Técnico en mantenimiento				
2	A	1	N				N	N	N	S			Chequeo visual de fugas en los tanques de ACPM	Diario	Técnico en mantenimiento				
		2	N				N	N	N	S			Chequeo visual de fugas en las tuberías de ACPM	Diario	Técnico en mantenimiento				
		3	N				N	N	N	S			Chequeo visual de fugas en la bomba de ACPM	Diario	Técnico en mantenimiento				
3	A	1	N				N	S				Calibración o cambio del sensor de nivel de ACPM	Anual	Técnico en mantenimiento					

Figura 39. Hoja de decisión Motor Siemens 200 HP


 <span style="float: right;"><b>Resultados de la hoja de decisión</b></span>															
Sistema: Laminación						Facilitador: Jefferson Mejía						Hoja: 5			
Subsistema: Motor Siemens 200 HP						Código: AA01-SLAM1-MOT1						De: 15			
Versión del documento: 1															
Referencia de Información		Evaluación de consecuencias				Decisión			Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia	A realizar por	
F	FF	MF	H	S	E	O	O1 N1	O2 N2	O3 N3	H4	H5				S4
1	A	1	N					N	N	N	S		Medir tensión de alimentación	Mensual	Técnico de mantenimiento
		2	N					N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado		
		3	N					N	S				Cambiar conectores en mal estado, verificar el sistema de polo a tierra	Trimestral	Técnico de mantenimiento
		4	N					N	N	S			Ajustar y cambiar escobillas desgastadas	Trimestral	Técnico de mantenimiento
		5	N					N	S				Limpiar, ajustar conexiones y revisar puntos calientes	Trimestral	Técnico de mantenimiento
		6	N					N	N	N	S		Chequeo visual y auditivo de vibraciones	Diario	Técnico de mantenimiento
	B	1	N					N	N	S			Ajustar y cambiar escobillas desgastadas	Trimestral	Técnico de mantenimiento
		2	N					N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado		
		3	N					N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado		
		4	N					N	S				Limpiar, ajustar conexiones, cambio de elementos en mal estado	Trimestral	Técnico de mantenimiento
		5	N					N	N	N	S		Chequeo visual y auditivo de vibraciones	Diario	Técnico de mantenimiento
		6	N					N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado		
	C	1	N					N	N	S			Ajustar y cambiar escobillas desgastadas	Trimestral	Técnico de mantenimiento
		2	N					N	N	N	S		Medir tensión de alimentación	Mensual	Técnico de mantenimiento
	2	A	1	N				N	S				Limpiar filtros de aire, cambio de filtros según estado	Mensual	Técnico de mantenimiento
			2	N				N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado		
			3	N				N	N	N	N	N	Ningún mantenimiento programado		

Figura 40. Hoja de decisión Banda Polea

ACERIAS ACERVET S.A.S.		Resultados de la hoja de decisión																					
Sistema:		Laminación						Facilitador:				Jefferson Mejia				Hoja:		6					
Subsistema:		Banda Polea						Código:				AA01-SLAM1-SBP1				De:		15					
Versión del documento:		1						Referencia de Información		Evaluación de consecuencias			Decisión			Tareas "a falta de"		Tareas propuestas				Frecuencia	A realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1	H2 S2	H3 S3	H4	H5	S4											
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de las bandas por desgaste				Semestral	Técnico mantenimiento					
		2	N				N	N	N	S			Revisión visual del estado de los componentes del sistema banda-polea				Semanal	Técnico mantenimiento					
	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de los rodamientos de las poleas				Anual	Técnico mantenimiento					
		2	S	N	N	S	N	S					Limpieza general de las correas y de la superficie de contacto				Mensual	Técnico mantenimiento					
		3	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de las bandas por desgaste				Semestral	Técnico mantenimiento					
		4	N				N	N	N	S			Chequeo visual de la alineación de las dos poleas				Semanal	Técnico mantenimiento					
		5	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de los rodamientos de las poleas				Anual	Técnico mantenimiento					
		6	N				N	N	N	S			Chequeo visual y auditivo de vibraciones				Diario	Técnico mantenimiento					
	C	1	N				N	N	N	S			Chequeo visual de suciedad en las bandas				Diario	Técnico mantenimiento					
		2	N				N	N	N	S			Chequeo visual de grietas en las bandas				Diario	Técnico mantenimiento					
		3	N				N	N	N	S			Chequeo visual de la alineación de las dos poleas				Diario	Técnico mantenimiento					
		4	N				N	N	N	S			Chequeo visual de vibraciones por desajuste de anclajes				Diario	Técnico mantenimiento					
		5	N				N	N	N	S			Chequeo visual de vibraciones				Diario	Técnico mantenimiento					
		6	N				N	N	N	S							Diario	Técnico mantenimiento					

Figura 41. Hoja de decisión Volante de inercia

ACERIAS ACERVET S.A.S.		Resultados de la hoja de decisión																					
Sistema:		Laminación						Facilitador:				Jefferson Mejia				Hoja:		7					
Subsistema:		Volante de inercia						Código:				AA01-SLAM1-VOL1				De:		15					
Versión del documento:		1						Referencia de Información		Evaluación de consecuencias			Decisión			Tareas "a falta de"		Tareas propuestas				Frecuencia	A realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1	H2 S2	H3 S3	H4	H5	S4											
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de los rodamientos de las chumaceras				Anual	Técnico de mantenimiento					
		2	S	N	N	S	N	S					Aplicar capa de pintura anticorrosiva				Trimestral	Técnico de mantenimiento					
		3	N				N	N	N	S			Verificar ajuste de pernos de anclaje de las chumaceras				Mensual	Técnico de mantenimiento					
		4	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de los rodamientos de las chumaceras				Semestral	Técnico de mantenimiento					

Figura 42. Hoja de decisión Acople de cadena lado motor


 <b>Resultados de la hoja de decisión</b>															
Sistema: Laminación						Facilitador: Jefferson Mejía						Hoja: 8			
Subsistema: Acople de cadena lado motor						Código: AA01-SLAM1-ACM1						De: 15			
Versión del documento: 1															
Referencia de Información			Evaluación de consecuencias				Decisión			Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia	A realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de cadenas del acople	Anual	Técnico de mantenimiento
		2	S	N	N	S	N	N	S				Cambio del engrane del acople	Anual	Técnico de mantenimiento
	B	1	N				N	N	N	S			Verificación del alineamiento de los dos ejes acoplados	Semanal	Técnico de mantenimiento
		2	N				N	S					Aplicar grasa a las cadenas del acople	Mensual	Técnico de mantenimiento
		3	N				N	S					Aplicar grasa a las cadenas del acople	Mensual	Técnico de mantenimiento

Figura 43. Hoja de decisión Acople de cadena lado reductor


 <b>Resultados de la hoja de decisión</b>															
Sistema: Laminación						Facilitador: Jefferson Mejía						Hoja: 9			
Subsistema: Acople de cadena lado reductor						Código: AA01-SLAM1-ACR1						De: 15			
Versión del documento: 1															
Referencia de Información			Evaluación de consecuencias				Decisión			Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia	A realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de cadenas del acople	Anual	Técnico de mantenimiento
		2	S	N	N	S	N	N	S				Cambio del engrane del acople	Anual	Técnico de mantenimiento
	B	1	N				N	N	N	S			Verificación del alineamiento de los dos ejes acoplados	Semanal	Técnico de mantenimiento
		2	N				N	S					Aplicar grasa a las cadenas del acople	Mensual	Técnico de mantenimiento
		3	N				N	S					Aplicar grasa a las cadenas del acople	Mensual	Técnico de mantenimiento

Figura 44. Hoja de decisión Reductor

Resultados de la hoja de decisión															
Sistema: Laminación						Facilitador: Jefferson Mejía						Hoja: 10			
Subsistema: Reductor						Código: AA01-SLAM1-RED1						De: 15			
Versión del documento: 1															
Referencia de Información			Evaluación de consecuencias				Decisión			Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia	A realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1	H2 S2	H3 S3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	N	S					Ajustar tornillos de fijación de acoples, lubricar y revisar alineación de ejes	Mensual	Técnico de mantenimiento
		2	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de pines con fatiga y pines faltantes	Quincenal	Técnico de mantenimiento
	B	1	S	N	N	S	N	S					Ajustar tornillos de fijación de acoples, lubricar y revisar alineación de ejes	Mensual	Técnico de mantenimiento
		2	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de pines con fatiga y pines faltantes	Quincenal	Técnico de mantenimiento
		3	N				N	N	N	S			Chequeo de vibraciones en el reductor	Quincenal	Técnico de mantenimiento
		4	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado		
		5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado		
	C	1	N				N	N	N	S			Chequeo de vibraciones en el reductor	Quincenal	Técnico de mantenimiento
		2	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado		
		3	S	N	N	S	S						Verificar integridad de los dientes de engranes	Mensual	Técnico de mantenimiento
		4	N				N	N	N	S			Chequeo del nivel de aceite interno del reductor, adicionar si es necesario	Quincenal	Técnico de mantenimiento
		5	S	N	N	S	N	S					Revisar el estado de los anclajes, ajustar si es necesario	Quincenal	Técnico de mantenimiento
		6	N				N	N	N	S			Verificar el alineamiento de los ejes acoplados	Quincenal	Técnico de mantenimiento

Figura 45. Hoja de decisión Caja de desbaste

Resultados de la hoja de decisión															
Sistema: Laminación						Facilitador: Jefferson Mejía						Hoja: 11			
Subsistema: Caja de desbaste						Código: AA01-SLAM1-CDE1						De: 15			
Versión del documento: 1															
Referencia de Información			Evaluación de consecuencias				Decisión			Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia	A realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1	H2 S2	H3 S3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	N	S					Revisar estado de los cardanes, ajustar uniones si es necesario	Mensual	Técnico de mantenimiento
2	A	1	S	N	N	S	N	S					Revisar estado de los cardanes, ajustar uniones si es necesario	Mensual	Técnico de mantenimiento
		2	S	N	N	S	S						Verificar y limpiar suciedad y restos de material en los rodillos de la caja	Diario	Técnico de mantenimiento
		3	S	N	N	S	N	S					Lubricar partes internas de los rodamientos de cada rodillo	Trimestral	Técnico de mantenimiento
	B	1	S	N	N	S	N	S					Lubricar partes internas de los rodamientos de cada rodillo	Trimestral	Técnico de mantenimiento
		2	S	N	N	S	S						Verificar y limpiar suciedad y restos de material en los rodillos de la caja	Diario	Técnico de mantenimiento
	C	1											Revisar estado de los pernos de las chumaceras, ajustar uniones si es necesario	Mensual	Técnico de mantenimiento
	D	1											Rectificado de los rodillos laminadores	Semestral	Técnico de mantenimiento
3	A	1	S	N	N	S	N	S				Revisar estado de los cardanes, ajustar uniones si es necesario	Mensual	Técnico de mantenimiento	

Figura 46. Hoja de decisión Caja de preparado

ACERIAS ACERINET S.A.S.										Resultados de la hoja de decisión									
Sistema: Laminación										Facilitador: Jefferson Mejía						Hoja: 12			
Subsistema: Caja de preparado										Código: AA01-SLAM1-CPR1						De: 15			
Versión del documento: 1																			
Referencia de Información			Evaluación de consecuencias				Decisión			Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia	A realizar por				
F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1	H2 S2	H3 S3	O1 N1	O2 N2	O3 N3				H4	H5	S4	
1	A	1	S	N	N	S	N	S								Revisar estado de los cardanes, ajustar uniones si es necesario	Mensual	Técnico de mantenimiento	
2	A	1	S	N	N	S	N	S								Revisar estado de los cardanes, ajustar uniones si es necesario	Mensual	Técnico de mantenimiento	
		2	S	N	N	S	S									Verificar y limpiar suciedad y restos de material en los rodillos de la caja	Diario	Técnico de mantenimiento	
		3	S	N	N	S	N	S								Lubricar partes internas de los rodamientos de cada rodillo	Trimestral	Técnico de mantenimiento	
	B	1	S	N	N	S	N	S								Lubricar partes internas de los rodamientos de cada rodillo	Trimestral	Técnico de mantenimiento	
		2	S	N	N	S	S									Verificar y limpiar suciedad y restos de material en los rodillos de la caja	Diario	Técnico de mantenimiento	
	C	1														Revisar estado de los pernos de las chumaceras, ajustar uniones si es necesario	Mensual	Técnico de mantenimiento	
	D	1														Rectificado de los rodillos laminadores	Semestral	Técnico de mantenimiento	
3	A	1	S	N	N	S	N	S							Revisar estado de los cardanes, ajustar uniones si es necesario	Mensual	Técnico de mantenimiento		

Figura 47. Hoja de decisión Caja de terminado

ACERIAS ACERINET S.A.S.										Resultados de la hoja de decisión									
Sistema: Laminación										Facilitador: Jefferson Mejía						Hoja: 13			
Subsistema: Caja de terminado										Código: AA01-SLAM1-CTE1						De: 15			
Versión del documento: 1																			
Referencia de Información			Evaluación de consecuencias				Decisión			Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia	A realizar por				
F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1	H2 S2	H3 S3	O1 N1	O2 N2	O3 N3				H4	H5	S4	
1	A	1	S	N	N	S	N	S								Revisar estado de los cardanes, ajustar uniones si es necesario	Mensual	Técnico de mantenimiento	
2	A	1	S	N	N	S	N	S								Revisar estado de los cardanes, ajustar uniones si es necesario	Mensual	Técnico de mantenimiento	
		2	S	N	N	S	S									Verificar y limpiar suciedad y restos de material en los rodillos de la caja	Diario	Técnico de mantenimiento	
		3	S	N	N	S	N	S								Lubricar partes internas de los rodamientos de cada rodillo	Trimestral	Técnico de mantenimiento	
	B	1	S	N	N	S	N	S								Lubricar partes internas de los rodamientos de cada rodillo	Trimestral	Técnico de mantenimiento	
		2	S	N	N	S	S									Verificar y limpiar suciedad y restos de material en los rodillos de la caja	Diario	Técnico de mantenimiento	
	C	1														Revisar estado de los pernos de las chumaceras, ajustar uniones si es necesario	Mensual	Técnico de mantenimiento	
	D	1														Rectificado de los rodillos laminadores	Semestral	Técnico de mantenimiento	

Figura 48. Hoja de decisión Mesa de enfriamiento

ACERIAS ACERVEL SAS													Resultados de la hoja de decisión					
Sistema: Laminación						Facilitador: Jefferson Mejia						Hoja: 14						
Subsistema: Mesa de enfriamiento						Código: AA01-SLAM1-MES1						De: 15						
Versión del documento: 1																		
Referencia de Información			Evaluación de consecuencias				Decisión			Tareas "a falta de"			Frecuencia	A realizar por				
F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1	H2 S2	H3 S3	H4	H5	S4						
O1 N1	O2 N2	O3 N3																
1	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado					
		2	S	N	N	S	N	S					Aplicar capa de pintura anticorrosiva	Trimestral	Técnico de mantenimiento			
	B	1	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado					


Figura 49. Hoja de decisión Cizalla hidráulica corte en frío

ACERIAS ACERVEL SAS													Resultados de la hoja de decisión					
Sistema: Laminación						Facilitador: Jefferson Mejia						Hoja:						
Subsistema: Cizalla hidráulica corte en frío						Código: AA01-SLAM1-CZL1						De: 15						
Versión del documento: 1																		
Referencia de Información			Evaluación de consecuencias				Decisión			Tareas "a falta de"			Frecuencia	A realizar por				
F	FF	MF	H	S	E	O	H1 S1	H2 S2	H3 S3	H4	H5	S4						
O1 N1	O2 N2	O3 N3																
1	A	1	S	N	N	S	N	S					Realizar prueba de funcionamiento a la válvula, ajustar pernos de la válvula, verificar fugas en la válvula	Quincenal	Técnico de mantenimiento			
		2	S	N	N	S	N	S					Ajustar tornillos de ajuste de cuchilla, cambio de la cuchilla según condición	Quincenal	Técnico de mantenimiento			
		3	S	N	N	S	N	S					Revisión y limpieza escobillas del motor eléctrico de la bomba hidráulica	Quincenal	Técnico de mantenimiento			
		4	S	N	N	S	S						Revisión de fugas en el sistema hidráulico, en caso tal correg	Semanal	Técnico de mantenimiento			
	B	1	S	N	N	S	N	S					Revisar filo de la cuchilla, cambiar si es necesario	Semanal	Técnico de mantenimiento			
		2	S	N	N	S	S						Revisión de fugas en la bomba y sellos del cilindro hidráulico	Quincenal	Técnico de mantenimiento			

### 6.3 PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO

En el plan de mantenimiento se tuvieron en cuenta los equipos con criticidad media y alta, para los equipos con criticidad baja se les realizarán actividades periódicas de inspección cada 90 días según las tareas recomendadas en el análisis de modo y efecto de falla. A continuación, se presenta las actividades propuestas para el plan de mantenimiento de la planta.

Figura 50. Plan de Mantenimiento Preventivo Propuesto

		<b>PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROPUESTO</b>		
Elaborado por: Ing. Jefferson O. Mejia Solano		Fecha: 1/06/2022		
Sistema/ Equipo	Componente	Tarea propuesta	Frecuencia	Actividades
<b>E S T A C I O N  H I D R Á U L I C A  E M P U J A D O R</b>	Motor eléctrico	Limpieza del motor	2.000 horas o por condición	1. Limpieza y lubricación.
		Inspección eléctrica del motor	2.000 horas o por condición	1. Prueba del bobinado del motor 2. Verificación voltaje de alimentación
	Acople motor bomba	Recambio elastómero y prisioneros	3.000 horas o por condición	1. Verificación ajuste del acople 2. Inspección y cambio elastómero 3. Inspección y cambio prisioneros
	Bomba hidráulica	Purga del sistema hidráulico	3.000 horas o por condición	1. Drenar y purgar la bomba hidráulica
		Chequeo de fugas	Diario	1. Chequeo visual de fugas en los sellos de la bomba hidráulica
		Calibración presostato	8.000 horas o según condición	1. Calibración o cambio del sensor según su condición
		Calibración flujostato	8.000 horas o según condición	1. Calibración o cambio del sensor según su condición
	Tanque de aceite hidráulico	Calibración sensor de nivel de aceite	8.000 horas o según condición	1. Calibración o cambio del sensor según su condición
		Chequeo de fugas	Diario	1. Chequeo visual de fugas en los sellos de la bomba hidráulica
	Motor eléctrico CEM 1 HP	Limpieza del motor	2.000 horas o por condición	1. Limpieza y lubricación.
		Inspección eléctrica del motor	2.000 horas o por condición	1. Prueba del bobinado del motor 2. Verificación voltaje de alimentación
	Bomba rotativa ACPM IMO 3600 RPM	Purga del sistema hidráulico	3.000 horas o por condición	1. Drenar y purgar la bomba hidráulica
		Chequeo de fugas	Diario	1. Chequeo visual de fugas en los sellos de la bomba hidráulica
		Calibración flujostato	8.000 horas o según condición	1. Calibración o cambio del sensor según su condición
Acople motor bomba	Recambio elastómero y prisioneros	3.000 horas o por condición	1. Verificación ajuste del acople 2. Inspección y cambio elastómero 3. Inspección y cambio prisioneros	
Tanque auxiliar de ACPM 65 galones	Calibración sensor de nivel de aceite	8.000 horas o según condición	1. Calibración o cambio del sensor según su condición	
	Chequeo de fugas	Diario	1. Chequeo visual de fugas en los sellos de la bomba hidráulica	

<b>T R E N  D E  L A M I N A C I Ó N</b>	Motor Siemens 200 HP	Inspección eléctrica del motor	2.000 horas o por condición	1. Medir tensión de alimentación 2. Cambiar conectores en mal estado 3. Verificar sistema polo a tierra
		Recambio de escobillas	3.000 horas o por condición	1. Ajustar y cambiar escobillas desgastadas
		Recambio filtros de aire	700 horas o por condición	1. Limpiar filtros de aire y cambiar según estado
		Chequeo de vibraciones	Diario	1. Chequeo visual y auditivo de vibraciones
		Recambio de bandas	4.000 horas o por condición	1. Cambio de las bandas por desgaste
	Banda Polea	Ajuste de anclajes	700 horas o por condición	1. Ajuste de pernos de anclaje de las poleas
		Recambio rodamientos de poleas	8.000 horas o según condición	1. Cambio de los rodamientos de las chumaceras de poleas
		Limpieza bandas y poleas	700 horas o por condición	1. Limpieza general de las bandas y superficies de contacto de las poleas
		Chequeos	Diario	1. Chequeo visual de alineación de las poleas
				2. Chequeo visual y auditivo de vibraciones 3. Chequeo visual de suciedad y grietas en las bandas
	Cajas laminadoras (aplica para las tres)	Ajuste de cardanes	700 horas o por condición	1. Revisar estado de los cardanes 2. Ajustar uniones de los cardanes
		Rectificado de rodillos laminadores	4.000 horas o por condición	1. Rectificar rodillos laminadores desgastados
		Ajuste de anclajes de chumaceras	700 horas o por condición	1. Ajustar los pernos de anclaje de las chumaceras de cada rodillo
		Lubricación rodamientos de rodillos	2.000 horas o por condición	1. Lubricar partes internas de los rodamientos de cada rodillo
	Reductor	Verificar estado de rodamientos	Cambio cada 8.000 horas o según condición, termografía cada 700 horas y análisis de vibraciones cada 1.400 horas	1. Termografía
				2. Análisis de vibraciones
				3. Cambio de rodamientos defectuosos
		Recambio de engranes	Cada 60 días realizar análisis de vibraciones	1. Cambio de engranes según resultado del análisis de vibraciones
	Verificar alineación	1.400 horas o según condición	1. Inspección y ajuste de alineación del equipo	

<b>C I Z A L L A  H I D R Á U L I C A</b>	Válvula hidráulica de tres posiciones	Revisión general	300 horas o según condición	1. Realizar pruebas de funcionamiento de la válvula
				2. Ajustar pernos de la válvula
				3. Verificar fugas en la válvula
	Motor eléctrico	Limpieza del motor	2.000 horas o por condición	1. Limpieza y lubricación.
		Inspección eléctrica del motor	2.000 horas o por condición	1. Prueba del bobinado del motor 2. Verificación voltaje de alimentación
	Cuchilla	Recambio cuchilla	300 horas o según condición	1. Revisar filo de la cuchilla y cambiar si es necesario
	Bomba hidráulica	Purga del sistema hidráulico	3.000 horas o por condición	1. Drenar y purgar la bomba hidráulica
		Chequeo de fugas	Diario	1. Chequeo visual de fugas en los sellos de la bomba hidráulica
		Calibración presostato	8.000 horas o según condición	1. Calibración o cambio del sensor según su condición

## 7. CONCLUSIONES

- Se realizó el inventario y codificación de los equipos involucrados en el proceso de laminación encontrando 35 activos susceptibles de mantenimiento.
- Se jerarquizaron los equipos mediante el análisis de criticidad lo cual permite concentrar esfuerzos y recursos en aquellos que tendrían un mayor impacto en el proceso productivo en caso de presentarse fallas, mejorando la confiabilidad y calidad del proceso.
- Se desarrolló el análisis de criticidad utilizando el método de factores ponderados arrojando un resultado de 13.4% de activos críticos en la planta. Dentro de este porcentaje. La totalidad de los equipos críticos pertenecen al sistema de laminación, por ende se consideró como el sistema más crítico de la planta y recibió más atención al momento de aplicar la metodología RCM.
- Se obtuvo de las tareas propuestas en las hojas de decisión que los 4 equipos más críticos de la planta recibirán tareas de reacondicionamiento cíclico y sustitución cíclica.

## 8. RECOMENDACIONES

- Si bien, la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo en la planta hará de esta un área de trabajo mucho más confiable y con menos fallas no programadas, se recomienda a la empresa la implementación de un software para una mejor administración y control de la información de mantenimiento de la planta. Este software permite documentar la información de equipos, tareas e historiales de trabajos y generar reportes relacionados con la gestión del mantenimiento de la empresa. Así mismo brinda la posibilidad de medirnos mediante indicadores como ha sido el avance o progreso en materia de mantenimiento de la planta o empresa en general.
- Se recomienda en un futuro la actualización de la información plasmada en la documentación del RCM ya que la planta recién inició su etapa de producción.
- A la par de un plan de mantenimiento preventivo debemos implementar un sistema de información el cual debe iniciarse generando fichas técnicas para cada equipo de la planta, hojas de vida con las tareas de mantenimiento realizado a cada equipo, inventario de repuestos existentes, formatos para la solicitud de un trabajo, entre otros.

## BIBLIOGRAFIA

BORRAS PINILLA, Carlos. Mantenimiento preventivo, Colombia, 2013.

BORRAS PINILLA, Carlos. Principios de mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2011.

BORRÁS PINILLA, Carlos. Análisis de Criticidad en Activos. En: Ingeniería de Mantenimiento. Bucaramanga: UIS, 2015.

CANO SANCHEZ, Oscar. Propuesta para la implementación de RCM en la planta Diaco Muña. Bucaramanga, 2009, 132p. Trabajo de grado (Especialización en gerencia de mantenimiento). Universidad industrial de Santander. Facultad de ingenierías fisiomecánicas.

Moubray, J. (1994) *Mantenimiento centrado en confiabilidad*. Industrial Press Inc., New York, USA