

**PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) DE
LA MÁQUINA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS MG 303 DE TERNIUM
COLOMBIA S.A.S**

ALFONSO ENRIQUE VILLALBA LÓPEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2018

**PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) DE
LA MÁQUINA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS MG 303 DE TERNIUM
COLOMBIA S.A.S**

ALFONSO ENRIQUE VILLALBA LÓPEZ

Monografía de Grado

**Presentada como requisito para optar el título de
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

Director

LEONARDO DÍAZ ALONSO

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2018

DEDICATORIA

A toda mi familia por el apoyo entregado para que pudiera alcanzar este objetivo.

A mi novia por su gran apoyo y seguimiento a mi trabajo.

Al personal de Ternium Colombia S.A.S que me apoyó con información técnica y con sus explicaciones para que pudiese terminar esta monografía.

A la Universidad Industrial de Santander (UIS), por tener esta maravillosa especialización y por su gran grupo de profesores dedicados a la enseñanza, para que todos los estudiantes seamos mejores profesionales y personas en el futuro.

A mi tutor que me acompañó en este proceso, me enseñó de sus conocimientos y me ayudó a finalizar esta monografía.

CONTENIDO

INTRODUCCION	13
1. MARCO CONTEXTUAL	14
1.1 LA EMPRESA	14
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN	16
1.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	19
1.4 PROCESO DE MANTENIMIENTO	20
1.4.1.Mantenimiento preventivo	20
1.4.2.Mantenimiento locativo	21
1.4.3.Mantenimiento correctivo	21
1.5 DIAGNOSTICO ACTUAL DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ÁREA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS.....	22
2. OBJETIVOS.....	24
2.1 Objetivo general.....	24
2.2 Objetivos específicos	24
3. MARCO TEORICO	25
3.1 Marco conceptual.....	26
3.1.1 Inicios de Mantenimiento	26
4. CONTEXTO OPERACIONAL DE LA MÁQUINA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS MG 303.....	32
4.1 MODULOS PRINCIPALES	33
4.2 DESCRIPCIÓN GENERAL	38
4.3 USOS PREVISTOS, NO PREVISTOS, INCORRECTOS	44
5. APLICACIÓN DEL RCM A LA MÁQUINA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS MG 303	44
5.1 GRUPO DE TRABAJO PARA EL RCM	45
5.5.1 Reuniones de trabajo	46

5.2 DESARROLLO DEL ANALISIS DE MODOS DE FALLA Y SUS EFECTOS
(AMFE)47

5.3 DESARROLLO DEL DIAGRAMA DE DECISIÓN52

5.4 PROPUESTA DE LA ESTRATEGIA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....55

6. CONCLUSIONES57

BIBLIOGRAFÍA.....58

ANEXOS59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica Ternium Colombia S.A.S	15
Figura 2. Procesos para la fabricación de acero.....	16
Figura 3. Palanquilla	17
Figura 4. Planchón.....	18
Figura 5. Estribos de hierro figurado.....	19
Figura 6. Estructura del departamento de mantenimiento Ternium Colombia S.A.S	19
Figura 7. Tiempos según tipo de mantenimiento Máquina de Mallas MG 303	23
Figura 8. Evolución de mantenimiento en el tiempo	27
Figura 9. Malla Electrosoldada.....	32
Figura 10. Portabobinas dobles	34
Figura 11. Unidades Enderezadoras RZ.....	34
Figura 12. Sistema de tiro y balance LA5/8.0 – 16	35
Figura 13. Unidad de avance por rodillo LVR6/16	35
Figura 14. Máquina de soldar mallas MG 24.9/6C.....	36
Figura 15. Alimentador tipo QS5/2 – QMD	36
Figura 16. Cizalla para corte longitudinal.....	37
Figura 17. Volteador apilador MWS -1/6000.....	37
Figura 18. Carrete con alambre enrollado	38
Figura 19. Datos técnicos de la máquina de Mallas Electrosoldadas MG303.	40
Figura 20. Datos técnicos de la máquina de Mallas Electrosoldadas MG303.	41
Figura 21: Datos técnicos de la máquina de Mallas Electrosoldadas MG303.	42
Figura 22. Datos técnicos de la máquina de Mallas Electrosoldadas MG303.	43
Figura 23. Grupo conformado para revisión de RCM	45
Figura 24. Pautas claves para las reuniones	46

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tiempos de fallas de la Máquina de Mallas Electrosoldadas MG303	22
Tabla 2. Porcentaje de tiempo Preventivo vs Correctivo.	22
Tabla 3. Hoja de trabajo del RCM II.....	48
Tabla 4. Diagrama de decisión	53

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: Análisis de RCM 2.....	59
ANEXO B: Diagrama de Decisión.....	66

RESUMEN

TITULO:

PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) DE LA MÁQUINA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS MG 303 DE TERNIUM COLOMBIA S.A.S

AUTOR:

ALFONSO ENRIQUE VILLALBA LÓPEZ

PALABRAS CLAVES:

RCM, Programa de mantenimiento, Ternium Colombia S.A.S, Malla Electrosoldada, Máquina de Mallas Electrosoldadas MG 303.

Esta monografía tiene como objetivo desarrollar un plan de mantenimiento para la Máquina de Mallas Electrosoldadas MG 303, basado en la metodología del RCM (reliability centered maintenance), para aumentar la disponibilidad y confiabilidad de la misma.

Para lo anterior, se hizo un estudio de la situación actual del área de mantenimiento donde se encuentra la Máquina de Mallas Electrosoldadas MG 303, se examinaron los datos históricos de fallas e interrupciones, las tareas de mantenimiento que están programadas en la máquina, los turnos de trabajo estipulados, audiencias con el planeador de mantenimiento, supervisor de mantenimiento, supervisores de producción y operadores.

Se realizaron reuniones de trabajo con un equipo interdisciplinario, con esto se logró adquirir aportes importantes desde los diversos puntos de vista de las diferentes áreas, lo que ayudó la definición de las funciones y las fallas funcionales de la máquina. Se tuvo en cuenta la experiencia de las personas y el manual del equipo.

Posterior de completar el análisis de modos y efectos de falla(AMEF), se construyó el diagrama de decisión para examinar las consecuencias de los modos de fallo y crear tareas que permitan evitar estados de fallas en el equipo e integrar estas tareas en un plan de mantenimiento.

*Trabajo de grado

**Facultad de ingenierías físico-mecánicas, Escuela de Ingenierías mecánica, Especialización en gerencia de mantenimiento, Director: Leonardo Díaz Alonso

SUMMARY

TITLE:

RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) PLAN FOR THE ELECTROWELDED MESH MACHINE MG 303 PROPERTY OF TERNIUM COLOMBIA S.A.S

AUTHORS:

ALFONSO ENRIQUE VILLALBA LÓPEZ

KEY WORDS:

RCM, Maintenance schedule, Ternium Colombia S.A.S, Electrowelded Mesh, Electrowelded Mesh Machine MG 303.

DESCRIPTION:

This monograph has the objective of develop a maintenance plan for the Electrosolded Mesh Machine MG 303, based on the RCM (reliability centered maintenance) methodology, to improve the availability and reliability of the machine.

For the above, a study was made of the current situation of the maintenance area where the MG 303 Electrosolded Mesh Machine is, the historical data of faults and interruptions were examined, the maintenance tasks that are programmed in the machine, the shifts of stipulated work, meetings with the maintenance planner, maintenance supervisor, production supervisors and operators.

Work meetings were held with an interdisciplinary team, with this it was possible to acquire important contributions from the different points of view of the different areas, which helped the definition of the functions and the functional faults of the machine. The experience of the people and the team manual were taken into account.

After completing the analysis of failure modes and effects (FMEA), the decision diagram was constructed to examine the consequences of the failure modes and create tasks to avoid fault conditions in the equipment and integrate these tasks into a plan of maintenance.

Trabajo de grado

*Facultad: Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización: Gerencia de Mantenimiento.
Director: Leonardo Díaz Alonso, Ingeniero Mecánico

INTRODUCCION

En el mundo actual, los productores de acero están cada vez más llamados a tener eficiencia en sus procesos, ya que el precio del acero en el mercado es uno de los factores más importantes a la hora de vender a los clientes, y con altos gastos de energía, insumos, costos de mantenimiento, entre otros, el costo del producto terminado se debe elevar para mantener la rentabilidad, lo que puede llevar a pérdidas de clientes.

Además de esto, en Colombia, se está a la expectativa como la imposición de aranceles a los productos de acero en Estados Unidos va a afectar en el país, ya que se espera que China, uno de los mayores importadores de acero a Estados Unidos, con estos aranceles, redistribuya sus exportaciones debido a que Estados Unidos ya no es viable, se espera que un porcentaje de estas exportaciones entren a Colombia, por lo que hoy en día se debe ser lo más eficiente y competitivo en el mercado.

Teniendo en cuenta lo anterior, la eficiencia de los equipos y los planes de mantenimiento de Ternium Colombia S.A.S debe ser óptimo, es por esto que los planes de mantenimiento están siendo revisados por el personal profesional de mantenimiento, en conjunto de opiniones de los técnicos y operadores.

Para esto, se va a desarrollar inicialmente en una máquina crítica de Planta Barranquilla como lo es la Máquina de Mallas Electrosoldadas MG 303 un plan de mantenimiento basado en confiabilidad, con el objetivo de mejorar las condiciones de mantenimiento, disminuir las interrupciones y optimizar la productividad, esto con el fin luego de expandir la metodología a otras máquinas. Además, se tiene como objetivo impactar los costos de las reparaciones y el tiempo de ejecución de actividades propias de mantenimiento

[Escriba aquí]

1. MARCO CONTEXTUAL

1.1 LA EMPRESA

Ternium es una empresa productora de aceros planos y largos, perteneciente al grupo ítalo-argentino Techint, que integra a las siderúrgicas Hylsa e Imsa (México) , Siderar (Argentina), tiene plantas en Estados Unidos, Centro América y Colombia. Con una capacidad de producción anual de 10,8 millones de toneladas, es una de las líderes del mercado latinoamericano para la fabricación de acero y derivados¹.

Con procesos integrados, que comienzan con la extracción de mineral de hierro en minas propias, Ternium fabrica una amplia gama de productos semi elaborados, planos, largos, conformados, tubos y perfiles. Ternium posee 16.500 empleados que logran una capacidad de producción cercana a las 11 millones de toneladas; es el mayor productor de acero de la región, quinto del continente y primer exportador americano de productos terminados.

Ternium Colombia S.A.S es la división de Ternium en Colombia, está ubicada en diferentes ciudades, como son Cali, Medellín, Barranquilla, Bogotá, entre otros.

Planta Barranquilla, está ubicada en el municipio de Malambo / Atlántico, dentro del Parque Industrial de Malambo PIMSA, está conformada por 9 bodegas, de las cuales están divididas de la siguiente manera:

Bodegas de producción: son 6 bodegas de producción, se cuenta con 32 máquinas para transformación de acero, entre el producto terminado que se produce se encuentran productos planos, como láminas, flejes, blancos, como productos largos, entre los cuales está alambre alto carbono, alambre bajo carbono, mallas electrosoldadas y figurado de hierro.

Bodegas de almacenamiento: son 3 bodegas de almacenamiento y logística, en estas bodegas además de almacenar los productos terminados de Planta

¹ Ternium. (2018). *Ternium - Acero*. [online] Available at: <http://www.ternium.com/> .
[Escriba aquí]

Barranquilla, sirve como centro de distribución de productos que se producen en otras plantas de Colombia, para tener una respuesta más rápida a los clientes.

Figura 1. Ubicación geográfica Ternium Colombia S.A.S

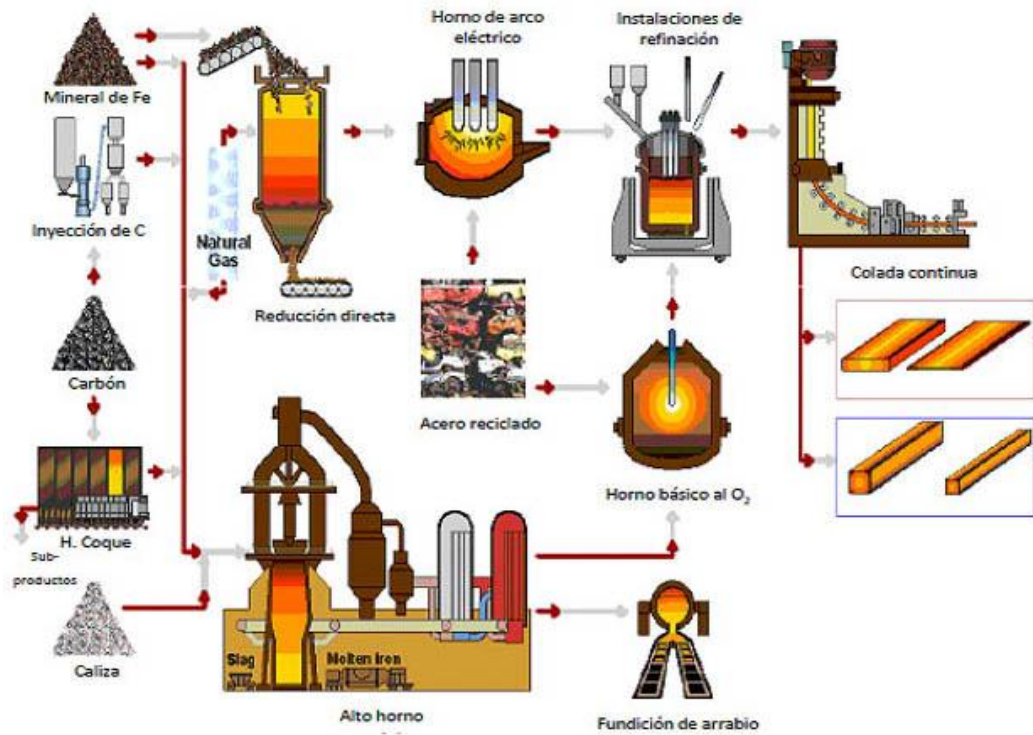


Fuente: <https://earth.google.com/web/@10.84865167,-74.77666596,21.36875371a,7803.53947146d,35y,174.16596738h,0t,0r>

[Escriba aquí]

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

Figura 2. Procesos para la fabricación de acero



Fuente: Ternium.

El proceso para la fabricación del acero cuenta con los siguientes pasos:

- Extracción del mineral de hierro: En este proceso se extrae el mineral de hierro que se encuentra en las minas de hierro, se usan retroexcavadoras y explosiones para abrir la tierra, se separa el mineral de hierro de la tierra y se transporta a siderúrgicas.
- Fabricación de pellets: El hierro extraído inicialmente se pasa por un proceso de limpieza, luego se conforma el mineral de hierro en forma de bolas o pellets para un transporte fácil.

[Escriba aquí]

- Reducción del mineral de hierro: Los pellets son ingresados en un alto horno, que es un recipiente en forma de jarrón, esto se hace para separar la escoria del hierro.
- Aceración: Los pellets y chatarra son ingresados en un horno eléctrico, se produce fusión con 3 electrodos que inyectan corriente al sistema, lo que sube la temperatura y derrite el acero, adicionalmente, se le agregaran elementos para constituir la estructura que se quiere en el hierro.
- Laminación: El acero derretido es vaciado en una tolva, esta tolva guía al acero a través de rodillos y se le va dando la forma deseada, se puede transformar el acero líquido en dos productos, palanquilla o planchón, la palanquilla tiene como finalidad laminar barras o productos largos, y el planchón tiene como finalidad laminar bobinas o productos planos (Ver figuras)

Figura 3. Palanquilla



Fuente: Ternium

[Escriba aquí]

Figura 4. Planchón



Fuente: Ternium

- Revestidos y Customizados: Los revestidos corresponden al acero que se cubren con elementos oxido resistentes, esto es para proteger al acero de las condiciones ambientales. Customizados significa transformar el material, por ejemplo, cortar la bobina en lámina es customizar el acero.
- Hierro Figurado: Es utilizar la varilla luego del proceso de laminación de la palanquilla y realizar figuras, esto es para construcción y depende de la construcción que se va a realizar, se puede hacer infinitas formas con longitudes diferentes que depende de cada construcción.

[Escriba aquí]

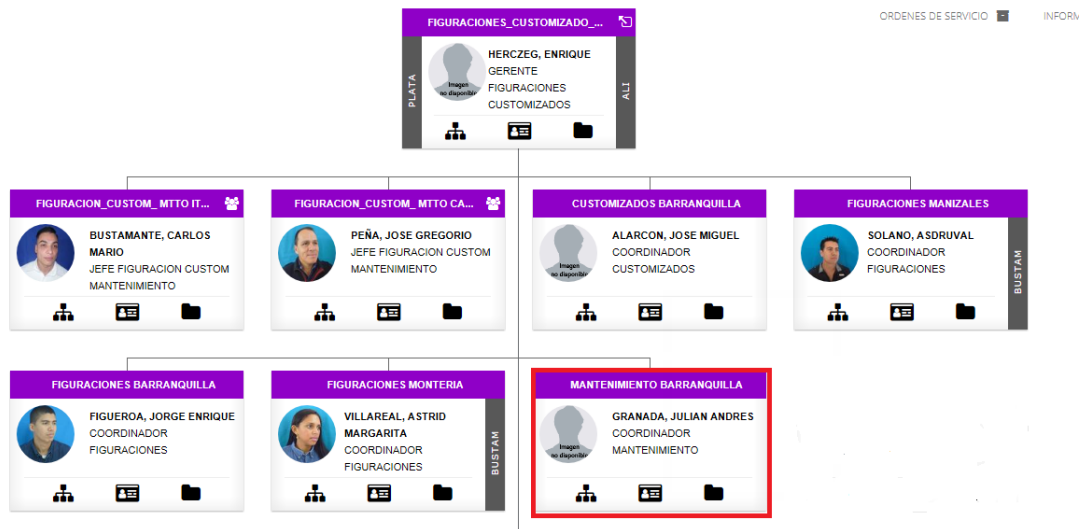
Figura 5. Estribos de hierro figurado



Fuente: Ternium

1.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

Figura 6. Estructura del departamento de mantenimiento Ternium Colombia S.A.S



Fuente: Ternium

Existe el gerente de Mantenimiento y Producción a nivel nacional, por debajo de él se encuentran los coordinadores de mantenimiento de las diferentes plantas, y por

[Escriba aquí]

debajo del Coordinador de Mantenimiento de Planta Barranquilla, se encuentra un planeador de Mantenimiento, un Supervisor de Mantenimiento, un Líder de Mantenimiento base Mecánica, un Líder de Mantenimiento base Eléctrico, tres inspectores de Mantenimiento, 4 guardias mecánicos y 4 guardias eléctricos.

1.4 PROCESO DE MANTENIMIENTO

El área de mantenimiento en Ternium Colombia S.A.S usa en SAP para la planeación y programación de las actividades. El área de producción genera avisos cuando se requiere mantenimientos correctivos.

El área realiza lo siguiente:

1.4.1. Mantenimiento preventivo

Son tareas que SAP tiene programadas y se realizan mensualmente, lo realizan los guardias de mantenimiento. Estas tareas son recomendaciones del fabricante y experiencias tenidas con las máquinas.

Las prioridades para el preventivo son:

- Cumplimiento de las rutas.
- Entrenamiento a personal de mantenimiento
- Construir historial de fallas.
- Compra y seguimiento de repuestos y MRO.
- Cierre y seguimiento de avisos de mantenimiento.

[Escriba aquí]

1.4.2. Mantenimiento locativo

Adicionalmente, con el personal con el que cuenta el área de mantenimiento, se realiza mantenimiento locativo en las áreas de producción y administración, las prioridades son:

- Reparar en el menor tiempo posible las necesidades de las otras áreas.
- Mantener en condiciones óptimas la infraestructura de la planta y los servicios de apoyo.
- Inspección y reporte de daños a la infraestructura.

1.4.3. Mantenimiento correctivo

Las fallas y las interrupciones de los equipos son prioridad en la planta, ya que el tiempo perdido por interrupciones es producción que es difícil de recuperar. A futuro se espera reducir los mantenimientos correctivos y ser solo dependiente del mantenimiento preventivo. Las prioridades del personal de correctivo son:

- Reparar en el menor tiempo posible las fallas que están generando interrupciones en los equipos.
- Avisar al planeador de mantenimiento para que ponga en el histórico la falla.
- Inspeccionar las líneas de producción y estar atento a llamados.

[Escriba aquí]

1.5 DIAGNOSTICO ACTUAL DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ÁREA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS

Se analizó la información de los meses de Enero, Febrero y Marzo, se puede observar principalmente que el tiempo correctivo en dos meses supera el tiempo preventivo (tabla 1), en el mes de Marzo, se pidió a planificación dos días para realizar mantenimiento preventivo, es por esto que el total de minutos es mucho más alto que el promedio por mes (16 horas).

Tabla 1. Tiempos de fallas de la Máquina de Mallas Electrosoldadas MG303

	Total área (min)	Correctivo Máquina de Mallas (min)	Preventivo Máquina de Mallas (min)
Enero	28430	2140	1148
Febrero	32124	2383	1360
Marzo	26075	2950	1661

El número de minutos en el mes de Enero fue de 2140 para mantenimiento correctivo, se puede observar como en los dos siguientes meses ha aumentado considerablemente.

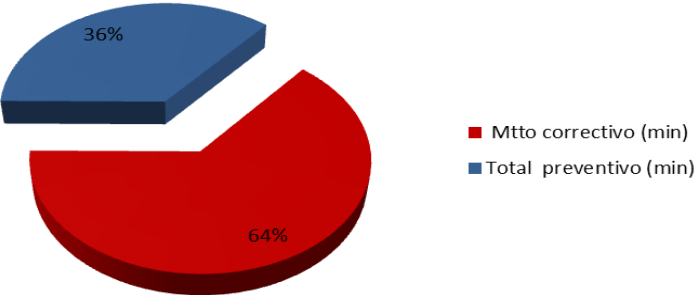
Tabla 2. Porcentaje de tiempo Preventivo vs Correctivo.

	Total área Mtto Correctivo (min)	Total área Mtto Preventivo (min)	%Prev/Corre
Enero	16857	11573	40,70%
Febrero	19255	12872	40,06%
Marzo	13693	12382	47,50%

[Escriba aquí]

Es de esperarse que cuando el porcentaje de mantenimiento preventivo supera el mantenimiento correctivo se va en un buen camino en el área de mantenimiento, por el contrario, como es este caso, cuando las interrupciones son mayores significa que se deben hacer cosas diferentes para llegar a los objetivos. A continuación se muestra el porcentaje de mantenimiento correctivo vs mantenimiento preventivo en la máquina de mallas:

Figura 7. Tiempos según tipo de mantenimiento Máquina de Mallas MG 303



Con la información anteriormente descrita, se puede concluir que el departamento de mantenimiento tiene puntos a mejorar, y la implementación de la metodología RCM en las máquinas ayudará a alcanzar los objetivos del área de mantenimiento.

[Escriba aquí]

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Diseñar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para la Máquina de Mallas Electrosoldadas MG 303.

2.2 Objetivos específicos

- Valorar las condiciones de mantenimiento de la máquina de Mallas Electrosoldadas MG 303.
- Definir las funciones de la máquina de Mallas Electrosoldadas MG 303.
- Establecer las fallas funcionales.
- Detallar los modos de fallos y los resultados de las fallas funcionales.
- Seleccionar las tareas de mantenimiento utilizando la estrategia RCM.

[Escriba aquí]

3. MARCO TEORICO

Para la elaboración de la metodología de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) se analizaron las bases de este mantenimiento, se estudiaron otros trabajos de desarrollo de esta metodología, y se leyeron Autor líderes en esta metodología, como lo son John Moubray, Terry Wireman, entre otros.

El Libro de Stanley Nowlan-Howard Heap “Reliability-Centered Maintenance” y el libro de John Moubray “Mantenimiento centrado en confiabilidad, RCM II” son fuentes de información básica para el desarrollo de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad, ya que presenta los conceptos, el fundamento y la metodología a desarrollar para poder implementar un RCM.

Eduardo Oviedo y Yovan Sepulveda² en su tesis de grado para aprobar la maestría administrativa en la Universidad del Norte en el 2017, tuvieron como objetivo general el diseño de un programa de mantenimiento para la flota de camiones Caterpillar 777g de cerro matoso, utilizando la metodología mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM). Con esta estrategia lograron formular planes de mantenimiento apuntando mejorar la confiabilidad de los camiones Caterpillar, lograron realizar una mejor planificación de las tareas de mantenimiento, hicieron propuestas para reducir fallas y reducir los costos de mantenimiento asociados a las ordenes de trabajo. En su trabajo, detallan el funcionamiento de los sistemas de los camiones, continúan con la descripción de las fallas funcionales, modos de fallos y consecuencias de los fallos, utilizan el diagrama de decisión y crean el plan de mantenimiento adecuado para estos equipos. Este trabajo es un modelo a seguir para la elaboración de esta monografía.

² SEPÚLVEDA PIMIENTA, Yovan, et al. *Diseño de un programa de mantenimiento para la flota de camiones Caterpillar 777G de Cerromatoso, utilizando la metodología Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)*. 2017. Tesis de Maestría. Universidad del Norte.

[Escriba aquí]

3.1 Marco conceptual

El uso de estrategias de mantenimiento se ha convertido en un factor clave para el uso eficiente de recursos de las grandes compañías y para aumentar la productividad en los procesos. Un equipo con mayor disponibilidad se traduce como un equipo con pocas interrupciones, con producción alta, con recursos tanto humanos como monetarios usados eficientemente, y cumpliendo normas tanto de seguridad como ambientales.

3.1.1 Inicios de Mantenimiento

El hombre siempre ha tratado de reparar o mantener todo lo que considera que no puede cumplir la función para lo que fue creado. Fue con la revolución industrial y con el auge de la maquinaria que el mantenimiento fue creciendo. Inicialmente, el mantenimiento se realizaba cuando la máquina fallaba, el mantenimiento correctivo era el único mantenimiento que se conocía y se aplicaba. Con el tiempo las compañías fueron notando que las interrupciones o fallas producían muchas pérdidas en la producción, y que tenían que encontrar formas de controlarlas y mitigarlas.

Fue de esta manera que un grupo de ingenieros japoneses iniciaron con una idea diferente para anticipar las fallas y prevenirlas, consistió en seguir las recomendaciones de los fabricantes sobre los cuidados a tener en cuenta en los equipos, esto se empezó a implementar en diferentes industrias y se le llamó “Mantenimiento Preventivo”, que exponía un conocimiento amplio de la máquina y su histórico para luego llevar a cabo actividades de planificación y prevención³.

³ DEPESTRE, Luís Orlando Linares; DEL CENTRO, Empresa Geominera. *Del Mantenimiento Correctivo al Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*. Centro Azúcar, 2012, vol. 39, no 3, p. 7-14.

[Escriba aquí]

Con esta implementación a nivel industrial, se redujeron los tiempos de inactividad de las máquinas, y estas empezaron a ser más confiables, pero se creó un nuevo problema, el costo de este mantenimiento era muy alto, otro problema que se creó fue que el exceso de lubricación que se pensaba que era positivo, terminó siendo negativo y causaba más daño de lo que prevenía. Las empresas fueron notando que se estaban cambiando elementos que pudieron haber durado más tiempo trabajando, y que las recomendaciones de los fabricantes eran conservadoras para no afectar su imagen como compañía.

Fue por esto que una nueva estrategia de mantenimiento se fue gestionando, dentro del mismo mantenimiento preventivo. La revisión programada de los elementos permitió extender la vida útil de estos, y ahorrar dinero debido a que ya no se debían cambiar los elementos sino hasta su máxima vida útil, a este mantenimiento se le llamó “Mantenimiento Predictivo”

A continuación de muestran los cambios en la técnica de mantenimiento según John Moubray:

Figura 8. Evolución de mantenimiento en el tiempo



Fuente: Reliability-Centered Maintenance RCM II, John Moubray (2004)

[Escriba aquí]

2.1.2 RCM - MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD

En el libro “Reliability-Centered Maintenance” de Stanley Nowlan y Howard Heap, afirman que el mantenimiento basado en confiabilidad se refiere a un programa de mantenimiento programado diseñado para realizar las capacidades de confiabilidad inherentes del equipo⁴

Para John Moubray, en su libro “Reliability-Centered Maintenance RCM II”, el mantenimiento centrado en confiabilidad se define como el proceso utilizado para determinar lo que debe hacerse para asegurar que los recursos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en el contexto actual de operación⁵.

El mantenimiento centrado en confiabilidad es una estrategia de mantenimiento donde se busca hacer una evaluación y selección de procesos que se puedan aplicar eficazmente en una máquina o un sistema de la máquina.

En el libro “Reliability-centered maintenance” de Anthony Smith, se enuncia que la metodología RCM se centra en cuatro puntos:

- Preservar las funciones del equipo
- Identificar modos de falla que puedan obstaculizar a la función
- Priorizar las funciones principales (a través de modos de falla)
- Seleccione solo tareas aplicables y efectivas.⁶

Esta estrategia no siempre entrega los resultados esperados, ya que depende de muchos factores, su resultado positivo depende principalmente del análisis funcional de las fallas en la operación regular, depende que lo realice un equipo compuesto por múltiples disciplinas dentro de la compañía, que se tenga en

⁴ NOWLAN, F. Stanley; HEAP, Howard F. *Reliability-centered maintenance*. United Air Lines Inc San Francisco Ca, 1978.

⁵ MOUBRAY. JOHN, *Mantenimiento centrado en confiabilidad*, Lillington, 2004.

⁶ SMITH, Anthony M. *Reliability-centered maintenance*. McGraw-Hill Companies, 1993.

[Escriba aquí]

cuenta la seguridad y el medio ambiente, y finalmente los costos de implementar RCM.

La metodología aplicada de forma correcta puede beneficiar de la siguiente manera:

- Disminuir número de paradas.
- Implementar planes para reducir mantenimiento correctivo.
- Desarrollo de monitoreo predictivo para elementos críticos.
- Reducir Backlog.
- Mejorar mantenimiento programado a equipos.
- Mayores productividades en equipos.
- Reducción de inspecciones de mantenimiento.
- Aumento de vida de útil de equipos y partes por monitoreo

El mantenimiento centrado en confiabilidad resume su metodología en 7 preguntas principales, organizadas de manera lógica, estas preguntas son las siguientes:

- ¿Cuáles con las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al 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?
- ¿En qué sentido es importante cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Para las preguntas mencionadas anteriormente, se debe definir el contexto o el significado de unos términos, son los siguientes:

[Escriba aquí]

Fallas Funcionales: Se define por cómo puede fallar cada elemento en la realización de sus funciones. Se deben de definir fallas funcionales por cada función que tenga el equipo. Cada función del equipo puede tener múltiples fallas funcionales, las cuales se deben tener en cuenta.

Modos de Falla: Son las acciones que pueden haber generado cada estado de falla. Conociendo esto se puede saber qué es lo que se quiere prevenir. Los modos de falla ocasionan las fallas funcionales. Una falla funcional puede tener múltiples modos de falla.

Efectos de las Fallas: Los efectos de las fallas es lo que puede suceder con cada modo de falla. Cuando se expone los efectos de las fallas, se debe mencionar lo siguiente:

- Evidencias de las fallas ocurridas.
- Los daños físicos ocasionados por las fallas.
- Como se repara la falla.
- Como perturba la producción.
- Como las fallas pueden afectar el medio ambiente y la seguridad.

Consecuencias de falla: Las consecuencias de las fallas corresponden a los resultados que se producen por la materialización de la falla, y que afecten a los aspectos de medio ambiente, seguridad, operacionales y no operacionales.

- Consecuencias de seguridad y medio ambiente: Es una consecuencia para la seguridad si la falla genera daño o muerte a un trabajador. Es ambiental si se produce alguna violación a las normas ambientales.
- Consecuencias operacionales: Es una consecuencia a la producción si genera pérdidas de producción, productividad, calidad, entrega a clientes o mayores costos de producción.

[Escriba aquí]

- Consecuencias no operacionales: Estas fallas no afectan a la seguridad, al ambiente o a la operación, la única consecuencia es el gasto de la restauración de la máquina.

Mantenibilidad: Es la característica de un equipo que pueda ponerse operativo en un tiempo determinado, se determina con el tiempo promedio para reparar (MTTR) y es dependiente de varios factores, que son⁷:

Organización y eficiencia de las áreas de mantenimiento

Características de diseño de las máquinas, entre esas están la modularidad, estandarización y facilidad de acceso a partes propensas a falla.

Disponibilidad: Es la característica más importante que debe buscar el área de mantenimiento. Significa la capacidad de un equipo de desarrollar las funciones para las que es requerido en un determinado periodo de tiempo.

$$D(t) = \frac{\sum \text{Tiempo disponible para producir}}{\sum \text{Tiempo disponible para producir} + \sum \text{Tiempo en mantenimiento}}$$

Tiempo inactivo por mantenimiento (MDT): en inglés Maintenance Down time, es tiempo total inactivo por mantenimiento programado para un periodo tiempo.

Tiempo medio inactivo: Tiempo promedio de inactividad ocasionada por mantenimiento programado y correctivo, incluyendo tiempos de logística.

Tiempo medio entre fallas (MTBF): Es el tiempo que pasa entre ocurre una falla y otra.

⁷ BORRAS PINILLA, C. (2017). Especialización en gerencia de mantenimiento. *Clase de Mantenimiento Preventivo*. Barranquilla.

[Escriba aquí]

Tasa de falla (λ): Es el número de fallas de un sistema o componente por unidad de tiempo de exposición.

Tiempo promedio para mantener (MTTM): Es el tiempo promedio que toma a un elemento para finalizar el mantenimiento.

Tiempo Promedio Para Reparar (MTTR): Es el tiempo medio que transcurre para reparar o reemplazar un componente. También, es el promedio del tiempo de reparaciones. La unidad más usada para este indicador es horas.

4. CONTEXTO OPERACIONAL DE LA MÁQUINA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS MG 303

La función de esta máquina es conformar la malla Electrosoldada, esta malla consta de 16 hilos longitudinales de 6 metros de largo, y de 40 hilos transversales de 2.35 metros de ancho, soldados en los puntos de intersección formando cuadrículas. El diámetro de los alambres puede variar entre 4mm y 8mm, todas estas medidas son el estándar que exige la norma técnica colombiana 5806 y el mercado actual.

Figura 9. Malla Electrosoldada



Fuente: Ternium.

[Escriba aquí]

La máquina de Mallas Electrosoldadas trabaja a 3 turnos de 8 horas, 6 días a la semana, y tiene una producción promedio de 1500 toneladas al mes. Es una de las máquinas principales de Planta Barranquilla de Ternium Colombia S.A.S, debido a su cantidad de producción mensual.

Actualmente, la máquina de mallas está teniendo constantes problemas en sus diferentes módulos, principalmente en el módulo máquina de soldar mallas MG 24.9/6C. Estas constantes interrupciones están evitando que se cumpla el plan de producción mensual de la máquina, lo que genera pedidos incumplidos a clientes, y se refleja en la cuenta económica de la compañía.

Debido a lo anterior, y teniendo en cuenta que se presenta baja confiabilidad en la máquina y exceso de reparaciones no planeadas o “mantenimientos correctivos”, se hace necesario el desarrollo de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) que permita mejorar la confiabilidad de la máquina y desarrollar más mantenimiento programado (preventivo y predictivo) y menos reparaciones no programadas.

4.1 MODULOS PRINCIPALES

Esta máquina está dividida en módulos, estos módulos son los siguientes: Portabobinas dobles, unidad enderezadora RZ, sistema de tiro y balance LA5/8.0 – 16, unidad de avance por rodillo LVR6/16, máquina de soldar mallas MG 24.9/6C, alimentador tipo QS5/2 – QMD, Cizalla para corte longitudinal y volteador apilador MWS -1/6000.

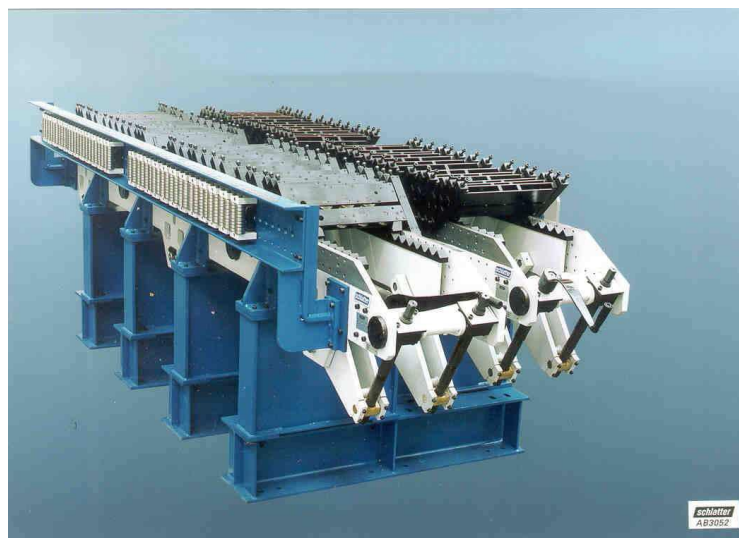
[Escriba aquí]

Figura 10. Portabobinas dobles



Fuente: Manual Máquina de Mallas Electrosoldadas MG 303

Figura 11. Unidades Enderezadoras RZ



Fuente: Manual Máquina de Mallas Electrosoldadas MG 303

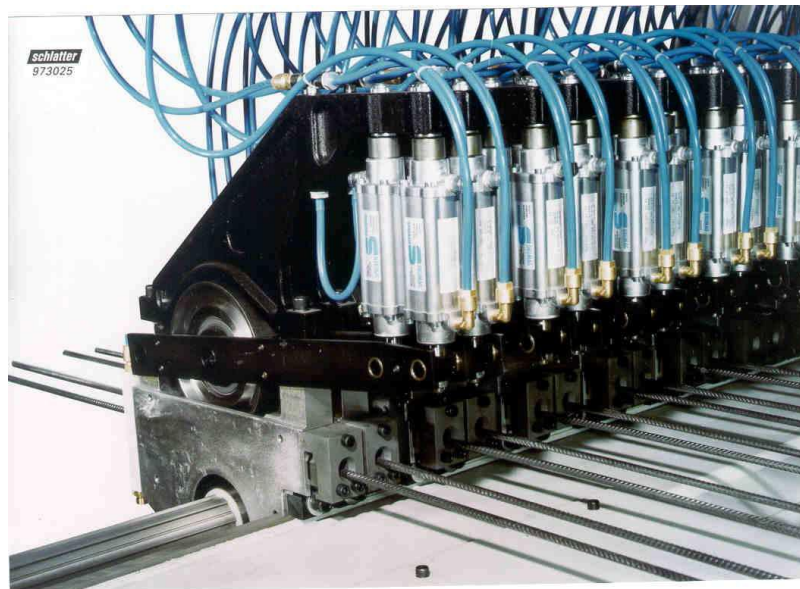
[Escriba aquí]

Figura 12. Sistema de tiro y balance LA5/8.0 – 16



Fuente: Manual Máquina de Mallas Electrosoldadas MG 303

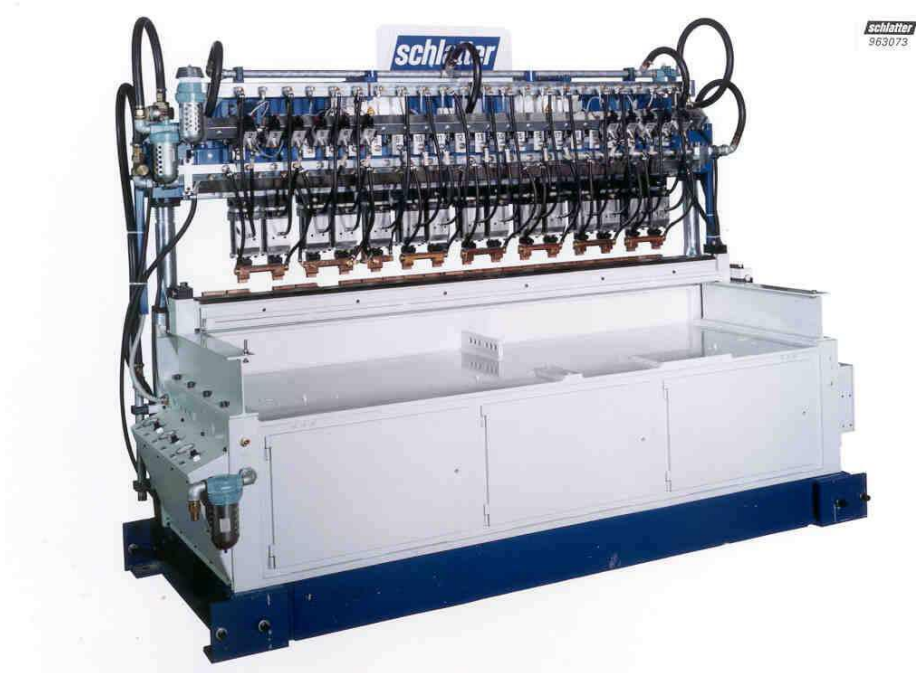
Figura 13. Unidad de avance por rodillo LVR6/16



Fuente: Manual Máquina de Mallas Electrosoldadas MG 303

[Escriba aquí]

Figura 14. Máquina de soldar mallas MG 24.9/6C



Fuente: Manual Máquina de Mallas Electrosoldadas MG 303

Figura 15. Alimentador tipo QS5/2 – QMD



Fuente: Manual Máquina de Mallas Electrosoldadas MG 303

[Escriba aquí]

Figura 16. Cizalla para corte longitudinal



Fuente: Manual Máquina de Mallas Electrosoldadas MG 303

Figura 17. Volteador apilador MWS -1/6000.



Fuente: Manual Máquina de Mallas Electrosoldadas MG 303

[Escriba aquí]

4.2 DESCRIPCIÓN GENERAL

Portabobinas dobles: En estos Portabobinas, se colocan carretes enrollados con alambre bajo carbono, del diámetro que se quiere producir en la máquina de mallas. Estos Portabobinas permiten al carrete desenrollarse, entregando el alambre que se convertirá en un hilo longitudinal de la malla. En total se necesitan 16 carretes colocados en los Portabobinas que se convertirán en los 16 hilos longitudinales de la malla Electrosoldada.

Figura 18. Carrete con alambre enrollado



Fuente: Ternium.

Unidad enderezadora RZ: Esta unidad enderezadora genera el primer enderezado del alambre. El alambre al estar enrollado en un carrete, tiene la memoria circular con el que estaba almacenado, por lo que se debe realizar un enderezado para que quede recto el hilo longitudinal. El alambre se hace pasar por rodillos o ruedas de arrastre, que van desapareciendo la memoria de la forma circular con la que se encontraba inicialmente.

Sistema de tiro y balance LA5/8.0 – 16: Este sistema se encarga que todos los alambres sean entregados en igualdad de longitud en la máquina soldadora,

[Escriba aquí]

debido a que cada portabobina se encuentra a diferente distancia de la máquina soldadora, al momento en que el sistema de avance por rodillo hala el material, en los carretes se generan diferentes momentos circulares, lo que conlleva a que el material no se entregue uniformemente. Este módulo es automatizado y lo que busca es compensar las diferentes fuerzas de halado de material para asegurar que el material sea entregado proporcionalmente.

Unidad de avance por rodillo LVR6/16: Este módulo es el encargado de arrastrar el material. Utiliza ruedas de arrastre y cilindros neumáticos para generar la fuerza necesaria para ingresar el alambre en la máquina de soldar y hacerlo pasar por los demás módulos.

Máquina de soldar mallas MG 24.9/6C: Este módulo es el que se encarga de unir los hilos longitudinales con las barras transversales, mediante soldadura. Cuenta con transformadores para generar la energía eléctrica necesaria para la soldadura, con cilindros neumáticos conectados a electrodos de cobre donde se genera el punto de soldeo, y sistema de refrigeración interno para los electrodos y demás elementos conductores.

Alimentador tipo QS5/2 – QMD: Este módulo funciona analógicamente como una tolva, en esta tolva se colocan las barras transversales, y se va alimentando el soldador con estas barras, formando las cuadrículas después del soldeo, y eventualmente formando cada malla Electrosoldada.

Cizalla para corte longitudinal: Este módulo se encarga de cortar la malla en el momento cuando ya está totalmente formada, ósea cuando ya 40 transversales se unieron con los 16 hilos longitudinales.

[Escriba aquí]

Volteador apilador MWS -1/6000: Este módulo se encarga de voltear la malla. Esto se hace para que las mallas apiladas reduzcan su volumen, y no ocupen tanto espacio para almacenamiento.

Figura 19. Datos técnicos de la máquina de Mallas Electrosoldadas MG303.

1. Datos técnicos

A.T. = alambre(s) transversal(es)

A.L. = alambre(s) longitudinal(es)

1.1. Campo de trabajo

Ancho de malla (long. del A.T.) → ANCHURA FIJA 2350 mm

Largo de malla 4000 – 6000 mm

Distancia entre A.L. 150 / 200 / 250 mm

Distancia entre A.T. 150 – 400 mm

Longitud de los extremos salientes A.T. véase pág. 4

Diámetro del A.L., corrugado 4.0 – 8.0 mm

Diámetro del A.T., corrugado 4.0 – 8.0 mm

Número de A.L. máx. 16

Peso por malla máx. 150 kg

Carretes de longitudinales máx. 3000 kg

Fuente: Manual de uso Máquina de Mallas Electrosoldadas MG 303

[Escriba aquí]

Figura 20. Datos técnicos de la máquina de Mallas Electrosoldadas MG303.

Mallas a soldar (según datos del cliente):

Ancho de malla: 2.35 m (anchura FIJA)

Largo de malla: 6.00 m

Referencia	Ø A.L. [mm]	Ø A.T. [mm]	Dist. A.L. [mm]	Dist. A.T. [mm]	No. de A.L.	No. de A.T.	Extremos salientes A.L. [mm]	Extremos salientes A.T. [mm]
D-50	4.0	4.0	250	250	10	24	125	50
U-50	4.0	4.0	250	353	10	17	176	50
D-106	4.5	4.5	150	150	16	40	75	50
U-106	4.5	4.0	150	250	16	24	125	50
D-131	5.0	5.0	150	150	16	40	75	50
D-84	4.0	4.0	150	150	16	40	75	50
D-158	5.5	5.5	150	150	16	40	75	50
D-221	6.5	6.5	150	150	16	40	75	50
U-221	6.5	4.0	150	250	16	24	125	50
U-84	4.0	4.0	150	250	16	24	125	50
D-188	6.0	6.0	150	150	16	40	75	50
U-335	8.0	5.0	150	250	16	24	125	50
D-335	8.0	8.0	150	150	16	40	75	50
D-257	7.0	7.0	150	150	16	40	75	50
D-63	4.0	4.0	200	200	12	30	100	75
U-63	4.0	4.0	200	300	12	20	150	75

Fuente: Manual de uso Máquina de Mallas Electrosoldadas MG 303

[Escriba aquí]

Figura 21: Datos técnicos de la máquina de Mallas Electrosoldadas MG303.

1.2. Datos de conexión y consumo

1.2.1. Red eléctrica (corriente trifásica)

Tensión de red	440	V
Frecuencia normal de red	60	Hz
Fluctuación de la res máx.	-7.5 % / +15 %	
Tensión de control	24	V DC

1.2.2. Sección de cables

Cables de conexión del transformador de alimentación a los interruptores automáticos en el armario de mando (no pertenecen al suministro):

Sección transversal mín. por fase	3 x 70	mm ²
Conductor de tierra	2 x 70	mm ²
Longitud máx. de la línea de conexión	87	m

Cables de conexión de los interruptores automáticos a los transformadores de soldadura (no pertenecen al suministro):

Conductor por transformador de soldadura	2 x 70	mm ²
Conductor de tierra (para todos los interruptores)	1 x 70	mm ²
Longitud máx. de la línea de conexión	10	m

1.2.3. Transformador de alimentación

Limitación caída de voltaje	máx.	10 %
Tensión de cortocircuito	máx.	5 %
Potencia requerida → malla D-221 (No. de A.L. = 16 / Ø 6.5 + 6.5 mm / 150 + 150 mm)	mín.	370 kVA
Protección fusibles de la alimentación del armario principal	térmico magnético	486 A 1200 A
Potencia requerida → malla U-335 (No. de A.L. = 16 / Ø 8.0 + 5.0 mm / 150 + 250 mm)	mín.	292 kVA

Nota: si el transformador principal no corresponde a la potencia requerida arriba mencionada, la malla será soldada en cascada.

1.2.4. Agua de refrigeración (limpia)

Temperatura de entrada máx.	25	°C
Caída de presión máx.	1.5	bar
Presión (línea de alimentación y retorno)	3.5	bar
Valor dH	7 – 8	°
Consumo máx.	72	l/min.

Fuente: Manual de uso Máquina de Mallas Electrosoldadas MG 303

[Escriba aquí]

Figura 22. Datos técnicos de la máquina de Mallas Electrosoldadas MG303.

1.2.5. Aire comprimido (limpio y sin agua, pero ligeramente lubricado)

Presión (sobrepresión)	6.0	bar
Volumen de admisión	aprox. 230	m ³ /h

1.2.6. Condiciones atmosféricas (ISO 669-1)

Temperatura ambiente	de 5 a 45	°C
Humedad relativa del aire	máx. 95	%

1.3. Planos y fotos de la instalación

El plano definitivo hace parte del pedido y será suministrado una vez haber aclarado todos los detalles técnicos.

Definiciones en sentido de producción:

➤ Giro de los carretes:	en sentido horario
➤ Portabobinas H6: no. de filas	3 (10 + 12 + 10)
➤ Lado de manejo:	derecha
➤ Lado de ubicación de los armarios:	izquierda
➤ Armarios accesibles por detrás:	sí
➤ Brazo oscilante (MWS)	izquierda
➤ Etiquetadora E-4	derecha

Otras definiciones:

➤ Entrada de cables hacia los armarios	desde abajo
--	-------------

Nota: fotos en este documento no son vinculantes!

1.4. Velocidad de trabajo

La cadencia de la instalación depende, entre otras cosas, de la distancia de los alambres transversales, el diámetro de alambre, la longitud y calidad del alambre transversal, el tiempo de soldadura y el peso de la malla.

Cadencia máx. → 125 alambres transversales por minuto.

1.5. Material de alambre

Alambre laminado en frío

Los alambres deben ser bien soldables, no aleados, libre de torsiones y conformes a la norma EN 10'080.

• Resistencia a la extensión	máx.	650	N/mm ²
• Contenido de C	máx.	0.2	%

Fuente: Manual de uso Máquina de Mallas Electrosoldadas MG 303

[Escriba aquí]

4.3 USOS PREVISTOS, NO PREVISTOS, INCORRECTOS

La Máquina de Mallas Electrosoldada MG 303 ha sido fabricada para desempeñar la función de manufactura de malla electrosoldada.

La máquina de mallas no se puede utilizar para ninguna otra función si no ha sido autorizada por el fabricante. Por lo tanto, el fabricante no se hace responsable cualquier tipo de responsabilidad que derive por no haber respetado las restricciones de la máquina y se use de forma inadecuada.

Los casos más frecuentes de dicha utilización normalmente son debidos a:

- Condiciones de trabajo que no entran dentro de los límites indicados en los datos técnicos de la máquina;
- Preparación inadecuada del personal encargado;
- Cansancio (sobre todo durante los turnos de noche) o distracción;
- Quitar o desactivar los dispositivos de seguridad.

5. APLICACIÓN DEL RCM A LA MÁQUINA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS MG 303

Con la información anteriormente explicada en los capítulos 2 y 3 de esta monografía, en este capítulo se precisa describir como se elaboró el plan mantenimiento centrado en confiabilidad para la Máquina de Mallas MG 303.

En este capítulo se describe lo siguiente: el grupo de trabajo, las hojas de trabajo para manejar la información, las funciones de la máquina, las fallas funcionales propias de la máquina, los modos de falla que conllevan a los fallos funcionales, los efectos, el diagrama de decisión y las tareas de mantenimiento que surgen para prevenir los fallos.

[Escriba aquí]

5.1 GRUPO DE TRABAJO PARA EL RCM

Se conformó un equipo de trabajo que tenga la característica de ser multidisciplinario, ya que solo el personal de mantenimiento no puede dar respuesta a las 7 preguntas del RCM, de tal forma, fue necesario conformar el equipo con personal de producción u operación (supervisores y operadores) que se distingan por ser expertos y tener muchos conocimientos en la máquina de Mallas Electrosoldadas.

Los integrantes de este grupo fueron capacitados en RCM, para que se tuviera claro cuál es el objetivo del estudio y cuál es el rol cada uno, además de la importancia que tienen sus intervenciones.

Figura 23. Grupo conformado para revisión de RCM

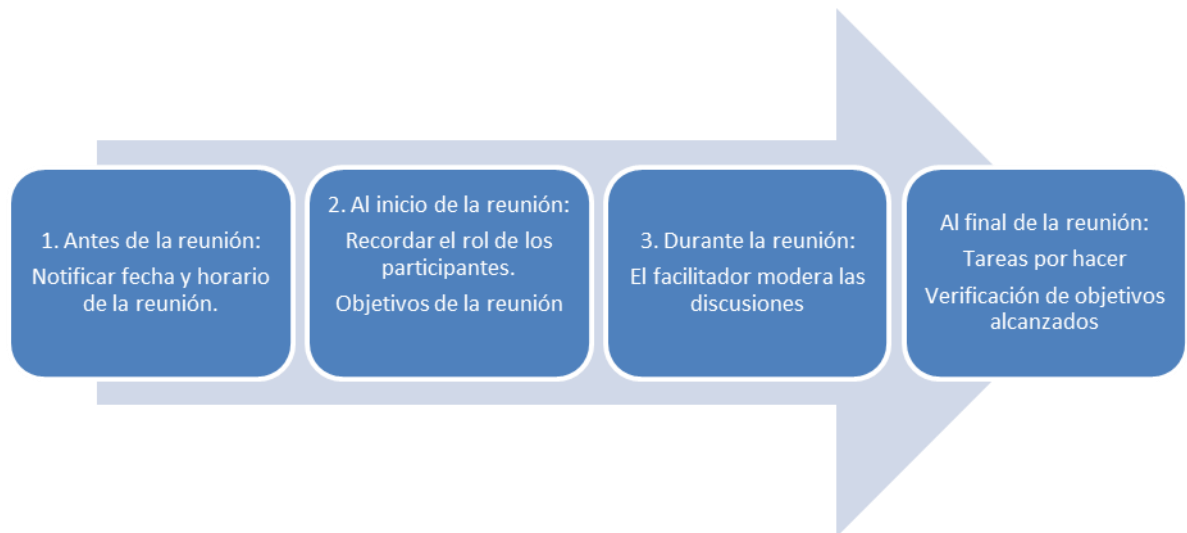


[Escriba aquí]

5.5.1 Reuniones de trabajo

En la primera reunión de trabajo se realizó una explicación de cómo es la metodología RCM, por lo que se hizo una introducción al RCM, se le dio respuesta a la pregunta ¿Qué es RCM?, se explicó los pasos que se deben realizar para desarrollar un RCM en una máquina. En las reuniones siguientes se tuvo en cuenta las siguientes pautas claves para asegurar el correcto desarrollo de la metodología.

Figura 24. Pautas claves para las reuniones



[Escriba aquí]

5.2 DESARROLLO DEL ANALISIS DE MODOS DE FALLA Y SUS EFECTOS (AMFE)

Después de definir el contexto operacional de la Máquina de Mallas MG 303, se desarrolla el AMFE que consiste en:

- Precisar las funciones de la máquina.
- Detallar las fallas funcionales de las respectivas funciones.
- Describir los modos de fallas de las respectivas fallas funcionales.
- Describir los efectos de falla.

Para lo anterior, se muestra en la hoja de información del RCM. A continuación, a modo de ejemplo se muestra el desarrollo del AMFE de la función número 1, Modulo Portabobinas dobles.

[Escriba aquí]

Tabla 3. Hoja de trabajo del RCM II

 <p>Ternium</p> <p>El acero que hace fuerte a Colombia</p>		ANÁLISIS DE RCM2							
		TERNIUM COLOMBIA SAS							
	HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN RCM II	SISTEMA: CUSTOMIZADOS			Nº	Realizado por	A.V.L	Fecha inicial	Fecha final
		SUBSISTEMA: MÁQUINA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS MG 303							
					Ref.	Revisado por		Fecha inicial	Fecha final
Componente	FUNCIÓN	ITEM	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTOS DE LAS FALLAS (QUE SUCEDE CUANDO FALLO)				
					EVIDENTE SI / NO				
Portabobinas dobles	1 Girar sin restricciones para desenrollar alambre en carretes	A	Gira con restricciones	1 Rodamientos partidos por desgaste	Al romperse los rodamientos, el portabobina puede girar con dificultad, lo que genera que se puedan presentar revientes en el alambre y alarmas por falta de hilo longitudinal. TRABAJO A REALIZAR: Detener la máquina,				

[Escriba aquí]

					informar a mantenimiento, proceder a cambiar los rodamientos dañados, revisar el estado de los demás rodamientos para verificar la necesidad de cambio
					TIEMPO PARA RESTABLECER: 3 horas
			2	Frenos mal ajustados por técnicos de mantenimiento	<p>EVIDENTE SI / NO</p> <p>Al realizar mantenimiento preventivo a los portabobinas, el ajuste de los frenos puede quedar inadecuado, lo que genera restricciones de giro en el portabobina y puede producir reviente en el alambre, lo que ocasiona alarmas por falta de hilo longitudinal.</p> <p>TRABAJO A REALIZAR: Detener la máquina, informar a mantenimiento, revisión del estado de los frenos, ajuste de los frenos.</p> <p>TIEMPO PARA RESTABLECER: 2 horas.</p>
			3	Falta de aire por daño en compresor	<p>EVIDENTE SI / NO</p> <p>Daños en compresor genera falta de aire lo que conlleva a frenos trabajando inadecuadamente, lo que causa giro restringido y puede producir</p>

[Escriba aquí]

					<p>reviente en el alambre y alarmas por falta de hilo longitudinal</p> <p>TRABAJO A REALIZAR: Detener la máquina, informar a mantenimiento, revisión del compresor para determinar fallo y corrección de fallo.</p> <p>TIEMPO PARA RESTABLECER: Hasta 5 horas</p>
				4	<p>Falta de aire por fugas en sistema neumático</p> <p>EVIDENTE SI / NO</p> <p>Fugas de aire en sistema neumático conlleva a frenos trabajando inadecuadamente, lo que causa giro restringido y puede producir reviente en el alambre y alarmas por falta de hilo longitudinal</p> <p>TRABAJO A REALIZAR: Cambio de mangueras de aire en el sistema neumático</p> <p>TIEMPO PARA RESTABLECER: 30 minutos</p>
		B	No gira	5	<p>Rodamientos partidos por desgaste</p> <p>EVIDENTE SI / NO</p> <p>Al romperse los rodamientos, el portabobina puede girar con dificultad, lo que genera que se puedan presentar revientes en el alambre y alarmas por falta de hilo longitudinal.</p>

[Escriba aquí]

tareas, se tuvo en cuenta la opinión de inspectores de mantenimiento y operadores de máquina

Tabla 4. Diagrama de decisión

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			Tarea a realizar	Frecuencia inicial	A realizar por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Realizar rutina de inspección de rodamientos según formato de inspección que se encuentra en la O.T. Cambio después de 6 meses.	Mensual	Guardia mecánico
1	A	2	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Capacitación a guardias mecánicos de parámetros de los frenos	Semestral	Guadías mecánicos
1	A	3	S	N	S	-	N	N	N	-	-	S	Programación de tareas múltiples en el compresor: Revisión de aceite, limpieza de partes, revisión de sistema neumático	Mensual	Inspectores de Mantenimiento
1	A	4	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Realizar rutina de inspección de mangueras según formato de inspección que se encuentra en la O.T. Cambio después de 3	Mensual	Guardia mecánico

[Escriba aquí]

																meses.		
1	B	5	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Realizar rutina de inspección de rodamientos según formato de inspección que se encuentra en la O.T. Cambio después de 6 meses.	Mensual	Guardia mecánico			
1	B	2	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Capacitación a guardias mecánicos de parámetros de los frenos	Semestral	Guardias mecánicos			

[Escriba aquí]

5.4 PROPUESTA DE LA ESTRATEGIA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

La estrategia de mantenimiento obtenida por el desarrollo realizado del RCM en la Máquina de Mallas MG 303, tiene como base trabajar con mantenimiento preventivo apuntando disminuir las interrupciones que generen mantenimientos correctivos. Adicional de las tareas a realizar que están descritas en la hoja de decisión, se sugiere lo siguiente para mejorar la gestión de mantenimiento de la Máquina de Mallas MG 303:

- Realizar checklist preoperacional en la máquina, esto puede ayudar a identificar futuros daños en los elementos de la máquina.
- Modificar las rutinas de inspección definidas en la máquina. Se deben crear inspecciones nuevas a elementos que anteriormente no se tenían en cuenta hasta que se terminó el desarrollo de este RCM.
- Comunicar a Producción las tareas sugeridas por el área de mantenimiento y buscar que se agreguen en sus procedimientos operativos.
- Construir prácticas operativas para que los operadores conozcan los mejores procedimientos.
- Actualizar el desarrollo del RCM en las máquinas cada plan estratégico anual.
- Realizar 1 vez a la semana una reunión de mantenimiento para inspeccionar los indicadores del área y crear planes de mejora.

[Escriba aquí]

- Hacer seguimiento de las estrategias de mantenimiento definidas por el RCM y a las tareas a realizar definidas.
- Diseñar procedimientos para reposición de elementos en la máquina, esto para estandarizar los cambios y optimizar tiempos, buscando mayor producción.
- Diseñar un programa de capacitación para los guardias de mantenimiento donde se tenga en cuenta módulos como: Calibración, medición, lubricación, entre otros.

[Escriba aquí]

6. CONCLUSIONES

Al finalizar este trabajo del desarrollo de RCM en la Máquina de Mallas Electrosoldadas MG 303 y teniendo en cuenta los objetivos de esta monografía se concluye lo siguiente:

- Hoy en día, el mayor porcentaje de mantenimiento realizado en la Máquina de Mallas Electrosoldadas MG 303 es correctivo, con un porcentaje de 64% Correctivo vs 36% Preventivo, en los meses de Enero, Febrero y Marzo del presente año, lo que se traduce como una oportunidad de mejora.
- En el AMFE de la Máquina de Mallas Electrosoldadas MG 303 se encontraron todas las funciones de los módulos de la máquina, cualquier falla funcional en estos módulos provocaría que la función de la máquina (Manufactura de Malla Electrosoldada) no se pueda cumplir.
- Se establecieron las Fallas Funcionales de las funciones de los módulos, se encontraron en total 14 Fallas Funcionales.
- Se encontraron 34 Modos de Fallo para las Fallas Funcionales de los módulos, se explicó los efectos de las fallas para cada Modo de Fallo.
- La metodología del RCM permitió conocer en profundidad la máquina en estudio, se analizaron todas sus funciones y se tuvieron en cuenta fallas que no tenían una tarea preventiva y que podían volver a ocurrir.
- Utilizando el diagrama de decisión, se identificaron tareas para incluir en las rutinas de inspección del equipo, además, se crearon tareas preventivas para evitar fallas.

[Escriba aquí]

BIBLIOGRAFÍA

BORRAS PINILLA, C. (2017). Especialización en gerencia de mantenimiento. *Clase de Mantenimiento Preventivo*. Barranquilla.

CHUSIN, Edwin Orlando Neto; ORLANDO, Edwin. Mantenimiento Industrial. *Macas-Ecuador, marzo de, 2008*.

MOUBRAY. JOHN, Mantenimiento centrado en confiabilidad, Lillington, 2004.

NOWLAN, F. Stanley; HEAP, Howard F. *Reliability-centered maintenance*. United Air Lines Inc San Francisco Ca, 1978.

SEPÚLVEDA PIMIENTA, Yovan, et al. *Diseño de un programa de mantenimiento para la flota de camiones Caterpillar 777G de Cerromatoso, utilizando la metodología Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)*. 2017. Tesis de Maestría. Universidad del Norte.


SMITH, Anthony M. *Reliability-centered maintenance*. McGraw-Hill Companies, 1993.

Ternium. (2018). *Ternium - Acero*. [online] Available at: <http://www.ternium.com/>

[Escriba aquí]

ANEXOS

ANEXO A. ANÁLISIS DE RCM 2

 HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN RCM II		ANÁLISIS DE RCM2							
		TERNIUM COLOMBIA SAS							
El acero que hace fuerte a Colombia		SISTEMA: CUSTOMIZADOS		N°		Realizado por	A.V.L	Fecha inicia	Fecha final
		SUBSISTEMA: MÁQUINA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS MG 303		Ref.		Revisado por		Fecha inicia	Fecha final
Componente	FUNCIÓN	ITEM	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		EFECTOS DE LAS FALLAS (QUE SUCEDE CUANDO FALLO)			
Portabobinas dobles	Girar sin restricciones para desenrollar alambre en carretes	A	Gira con restricciones	1	Rodamientos partidos por desgaste	EVIDENTE SI / NO			
						Al romperse los rodamientos, el portabobina puede girar con dificultad, lo que genera que se puedan presentar revientes en el alambre y alarmas por falta de hilo longitudinal. TRABAJO A REALIZAR: Detener la máquina, informar a mantenimiento, proceder a cambiar los rodamientos dañados, revisar el estado de los demás rodamientos para verificar la necesidad de cambio			
				TIEMPO PARA RESTABLECER: 3 horas					
				EVIDENTE SI / NO					
		2	Frenos mal ajustados por técnicos de mantenimiento	Al realizar mantenimiento preventivo a los portabobinas, el ajuste de los frenos puede quedar inadecuado, lo que genera restricciones de giro en el portabobina y puede producir reviente en el alambre, lo que ocasiona alarmas por falta de hilo longitudinal. TRABAJO A REALIZAR: Detener la máquina, informar a mantenimiento, revisión del estado de los frenos, ajuste de los frenos.					
				TIEMPO PARA RESTABLECER: 2 horas.					
		3	Falta de aire por daño en compresor	EVIDENTE SI / NO					
				Daños en compresor genera falta de aire lo que conlleva a frenos trabajando inadecuadamente, lo que causa giro restringido y puede producir reviente en el alambre y alarmas por falta de hilo longitudinal TRABAJO A REALIZAR: Detener la máquina, informar a mantenimiento, revisión del compresor para determinar fallo y corrección de fallo.					
		TIEMPO PARA RESTABLECER: Hasta 5 horas							
		4	Falta de aire por fugas en sistema neumático	EVIDENTE SI / NO					
Fugas de aire en sistema neumático conlleva a frenos trabajando inadecuadamente, lo que causa giro restringido y puede producir reviente en el alambre y alarmas por falta de hilo longitudinal TRABAJO A REALIZAR: Cambio de mangueras de aire en el sistema neumático									
TIEMPO PARA RESTABLECER: 30 minutos									
B	No gira	5	Rodamientos partidos por desgaste	EVIDENTE SI / NO					
				Al romperse los rodamientos, el portabobina puede girar con dificultad, lo que genera que se puedan presentar revientes en el alambre y alarmas por falta de hilo longitudinal. TRABAJO A REALIZAR: Detener la máquina, informar a mantenimiento, proceder a cambiar los rodamientos dañados, revisar el estado de los demás rodamientos para verificar la necesidad de cambio					
		TIEMPO PARA RESTABLECER: 3 horas							
		EVIDENTE SI / NO							
6	Frenos mal ajustados por técnicos de mantenimiento	Al realizar mantenimiento preventivo a los portabobinas, el ajuste de los frenos puede quedar inadecuado, lo que genera restricciones de giro en el portabobina y puede producir reviente en el alambre, lo que ocasiona alarmas por falta de hilo longitudinal. TRABAJO A REALIZAR: Detener la máquina, informar a mantenimiento, revisión del estado de los frenos, ajuste de los frenos.							
		TIEMPO PARA RESTABLECER: 2 horas.							

[Escriba aquí]



HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN RCM II

El acero que hace fuerte a Colombia

ANÁLISIS DE RCM2

TERNIUM COLOMBIA SAS

SISTEMA: CUSTOMIZADOS

SUBSISTEMA: MÁQUINA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS MG 303

N°

Realizado por

AVL

Fecha inicia

Fecha final

Ref.

Revisado por

Fecha inicia

Fecha final

Componente	FUNCIÓN	ITEM	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTOS DE LAS FALLAS (QUE SUCEDE CUANDO FALLO)	
Unidades Enderezadoras RZ	2 Enderezar alambre en dos planos	A	No endereza los alambres	2	Desalineación de soporte por mala instalación	TIEMPO PARA RESTABLECER: 40 minutos
						EVIDENTE SI / NO
						Desalineación del soporte causa que el alambre no entre adecuadamente a las ruedas enderezadoras y no sea enderezado de forma adecuada TRABAJO A REALIZAR: Alinear modulo con modulo de arrastre.
				TIEMPO PARA RESTABLECER: 8 horas.		
				EVIDENTE SI / NO		
				Alambre no tiene la tensión necesaria para ser enderezado. TRABAJO A REALIZAR: Revisar modulo de arrastre para para evaluar la falla, corrección de falla		
		TIEMPO PARA RESTABLECER: Hasta 3 horas				
		B	Endereza los alambres en un plano	4	Daño en ruedas enderezadoras por desgaste	EVIDENTE SI / NO
						Daños en las ruedas enderezadoras provocan que el alambre no sea enderezado adecuadamente. TRABAJO A REALIZAR: Cambiar las ruedas enderezadoras desgastadas, evaluación de las demás ruedas enderezadoras
						TIEMPO PARA RESTABLECER: 1 Hora
				1	Daño en ruedas enderezadoras por desgaste	EVIDENTE SI / NO
						Daños en las ruedas enderezadoras provocan que el alambre no sea enderezado adecuadamente. TRABAJO A REALIZAR: Cambiar las ruedas enderezadoras desgastadas, evaluación de las demás ruedas enderezadoras
TIEMPO PARA RESTABLECER: 1 Hora						
2	Rodamientos partidos por desgaste	EVIDENTE SI / NO				
		Daño en los rodamientos provoca detención en las ruedas enderezadoras y rayan el alambre en vez de enderezar TRABAJO A REALIZAR: Detener la máquina, informar a mantenimiento, cambio de rodamientos en ruedas enderezadoras, revisión de demás ruedas enderezadoras para evaluar cambio de rodamientos				
		TIEMPO PARA RESTABLECER: 40 minutos				

[Escriba aquí]



HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN RCM II

El acero que hace fuerte a Colombia

ANÁLISIS DE RCM2

TERNIUM COLOMBIA SAS

SISTEMA: CUSTOMIZADOS

SUBSISTEMA: MÁQUINA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS MG 303

N°

Realizado por

A.V.L

Fecha inicial

Fecha final

Ref.

Revisado por

Fecha inicial

Fecha final

Componente	FUNCIÓN	ITEM	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTOS DE LAS FALLAS (QUE SUCEDE CUANDO FALLO)	
Sistema de tiro y balance LA5/8,0 - 16	3	A	No entrega el alambre en longitudes iguales	2	Enredo de alambre por mal enderezado	TIEMPO PARA RESTABLECER: 30 minutos.
						EVIDENTE SI / NO
						Enredo de alambre ocasiona que el sistema se detenga, lo que causa alarma de enredo de material en LA5 TRABAJO A REALIZAR: Operador de máquina desenreda material o corta y realiza soldadura de tope
				TIEMPO PARA RESTABLECER: 30 minutos.		
				EVIDENTE SI / NO		
				Guías dobladas ocasional que el alambre se enrede y causa alarma de enredo de material en LA5 TRABAJO A REALIZAR: Cambio de guía doblada y revisión de demás guías para evaluar cambio		
		TIEMPO PARA RESTABLECER: 40 minutos				
		B	No entrega el alambre	4	Desalineación de soporte por mala instalación	EVIDENTE SI / NO
						Desalineación de soporte de modulo puede causar que el material no entre adecuadamente, y producir enredos en el alambre TRABAJO A REALIZAR: Detener la máquina, informar a mantenimiento, alinear el soporte con el modulo de arrastre
				TIEMPO PARA RESTABLECER: 8 horas.		
EVIDENTE SI / NO						
1	Enredo de alambre por mal enderezado	Enredo de alambre ocasiona que el sistema se detenga, lo que causa alarma de enredo de material en LA5 TRABAJO A REALIZAR: Operador de máquina desenreda material o corta y realiza soldadura de tope				
		TIEMPO PARA RESTABLECER: 30 minutos.				
2	Enredo de material por guías dobladas	EVIDENTE SI / NO				
		Guías dobladas ocasional que el alambre se enrede y causa alarma de enredo de material en LA5 TRABAJO A REALIZAR: Cambio de guía doblada y revisión de demás guías para evaluar cambio				
TIEMPO PARA RESTABLECER: 40 minutos						

[Escriba aquí]



HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN RCM II

El acero que hace fuerte a Colombia

ANÁLISIS DE RCM2

TERNIUM COLOMBIA SAS

SISTEMA: CUSTOMIZADOS		N°	Realizado por	A.V.L	Fecha inicia	Fecha final
SUBSISTEMA: MÁQUINA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS MG 303		Ref.	Revisado por		Fecha inicia	Fecha final

Componente	FUNCIÓN	ITEM	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTOS DE LAS FALLAS (QUE SUCEDE CUANDO FALLO)	
Unidad de avance por rodillo L VFR8/16	Arrastre del alambre uniformemente en los 16 hilos	A	No arrastra el alambre	2	Falta de aire por fugas en sistema neumático	TIEMPO PARA RESTABLECER: Hasta 5 horas
						EVIDENTE SI / NO
						Falta de aire ocasiona que los cilindros no se accionen y las ruedas de arrastre no halan el material. TRABAJO A REALIZAR: Cambio de manguera dañada de sistema neumático, revisión de demás mangueras para evaluar cambio
				TIEMPO PARA RESTABLECER: 30 minutos		
				3	Rueda de arrastre partida por desgaste	EVIDENTE SI / NO
						Daños en las ruedas de arrastre provocan que el alambre no sea halado TRABAJO A REALIZAR: Detener la máquina, informar a mantenimiento, cambio de rueda de arrastre partida, revisión de demás ruedas de arrastre
		TIEMPO PARA RESTABLECER: 1 Hora				
		4	Cilindro neumático dañado por humedad	EVIDENTE SI / NO		
				Daño en cilindro neumático por ingreso de humedad en el sistema ocasiona que la rueda de arrastre no se accione TRABAJO A REALIZAR: Detener la máquina, informar a mantenimiento, revisión de secador de compresor, cambio de cilindro dañado, revisión de otros cilindros para evaluar daños		
				TIEMPO PARA RESTABLECER: 15 minutos.		
		B	No arrastra el alambre uniformemente	5	Daño de accionamiento servocontrolado por sobrecoorriente	EVIDENTE SI / NO
						Daños en el accionamiento ocasiona que las ruedas de arrastre no halen el alambre TRABAJO A REALIZAR: Cambio de accionamiento servocontrolado y revisión de demás accionamientos.
TIEMPO PARA RESTABLECER: 2 horas.						
1	Falta de aire por fugas en sistema neumático			EVIDENTE SI / NO		
				Falta de aire ocasiona que los cilindros no se accionen y las ruedas de arrastre no halan el material. TRABAJO A REALIZAR: Cambio de manguera dañada de sistema neumático, revisión de demás mangueras para evaluar cambio		
				TIEMPO PARA RESTABLECER: 30 minutos		
2	Cilindro neumático dañado por humedad	EVIDENTE SI / NO				
		Daño en cilindro neumático por ingreso de humedad en el sistema ocasiona que la rueda de arrastre no se accione TRABAJO A REALIZAR: Detener la máquina, informar a mantenimiento, revisión de secador de compresor, cambio de cilindro dañado, revisión de otros cilindros para evaluar daños				
		TIEMPO PARA RESTABLECER: 15 minutos.				
3	Daño de accionamiento servocontrolado por sobrecoorriente	EVIDENTE SI / NO				
		Daños en el accionamiento ocasiona que las ruedas de arrastre no halen el alambre TRABAJO A REALIZAR: Cambio de accionamiento servocontrolado y revisión de demás accionamientos.				
					TIEMPO PARA RESTABLECER: 2 horas.	

[Escriba aquí]

Componente		FUNCIÓN	ITEM	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTOS DE LAS FALLAS (QUE SUCEDE CUANDO FALLO)	Realizado	Revisado por	Fecha inicio	Fecha final
Máquina de Soldar MG 24,316C		5	Soldar hilos longitudinales con barras transversales							
			A	No realiza la soldadura	1	Transformador dañado por sobrecorriente Daño en el transformador por sobrecorriente ocasiona que no se produzca corriente para realizar la soldadura TRABAJO A REALIZAR: Detener la máquina, informar a mantenimiento, cambio de transformador afectado, revisión de los otros 4 transformadores TIEMPO PARA RESTABLECER: 5 horas EVIDENTE SI / NO				
			A	No realiza la soldadura	2	Falso contacto entre puente superior y electrodo por impurezas Impurezas o suciedad en el puente superior o en el electrodo ocasionan aislamientos en la corriente, lo que genera que no se produzca la soldadura TRABAJO A REALIZAR: Operador debe limpiar las piezas afectadas TIEMPO PARA RESTABLECER: 5 minutos. EVIDENTE SI / NO				
			A	No realiza la soldadura	3	Electrodos desgastados por sobrecuso Electrodos desgastados ocasionan que no fluya la corriente en el sistema y no se produzca la soldadura TRABAJO A REALIZAR: Operador debe cambiar electrodo desgastado por uno nuevo TIEMPO PARA RESTABLECER: 45 minutos. EVIDENTE SI / NO				
			A	No realiza la soldadura	4	Falta de aire por daño en compresor Falta de aire en el sistema ocasiona que los electroválvulas no accionen los pisadores de la máquina y no se produzca la soldadura TRABAJO A REALIZAR: Detener la máquina, informar a mantenimiento, revisión del compresor para determinar fallo y corrección de fallo TIEMPO PARA RESTABLECER: Hasta 5 horas EVIDENTE SI / NO				
			A	No realiza la soldadura	5	Falta de aire por fugas en sistema neumático Falta de aire en el sistema ocasiona que los electroválvulas no accionen los pisadores de la máquina y no se produzca la soldadura TRABAJO A REALIZAR: Cambio de manguera dañada de sistema neumático, revisión de demás mangueras para evaluar cambio TIEMPO PARA RESTABLECER: 30 minutos. EVIDENTE SI / NO				
			A	No realiza la soldadura	6	Falta de refrigeración por fugas de agua Falta de refrigeración de portaelectrodos ocasiona alarma de falta de refrigeración en MG 24 TRABAJO A REALIZAR: Revisión de sistema de refrigeración, cambio de elemento con fuga TIEMPO PARA RESTABLECER: 1 hora EVIDENTE SI / NO				
			B	Soldadura no tiene la resistencia necesaria	1	Falso contacto entre puente superior y electrodo por impurezas Impurezas o suciedad en el puente superior o en el electrodo ocasionan aislamientos en la corriente TRABAJO A REALIZAR: Operador debe limpiar las piezas afectadas TIEMPO PARA RESTABLECER: 5 minutos. EVIDENTE SI / NO				
			B	Soldadura no tiene la resistencia necesaria	2	Falta de corriente por transformador sucio Transformador sucio puede ocasionar que no se cuente con la corriente necesaria en el sistema TRABAJO A REALIZAR: Detener la máquina, avisar a mantenimiento, limpiar los 5 transformadores de la máquina TIEMPO PARA RESTABLECER: 15 minutos EVIDENTE SI / NO				
			B	Soldadura no tiene la resistencia necesaria	3	Electrodos desgastados por sobrecuso Electrodos desgastados ocasionan que no fluya la corriente adecuadamente en el sistema TRABAJO A REALIZAR: Operador debe cambiar electrodo desgastado por uno nuevo TIEMPO PARA RESTABLECER: 45 minutos. EVIDENTE SI / NO				
			B	Soldadura no tiene la resistencia necesaria	4	Programación errónea por desconocimiento del operador Programación errónea de los parámetros de la máquina por parte del operador ocasionan resistencia de soldado inadecuada TRABAJO A REALIZAR: El operador debe ajustar en el computador de la máquina los parámetros adecuados TIEMPO PARA RESTABLECER: 5 minutos.				

[Escriba aquí]



HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN RCM II

El acero que hace fuerte a Colombia

ANÁLISIS DE RCM2

TERNIUM COLOMBIA SAS

SISTEMA: CUSTOMIZADOS

SUBSISTEMA: MÁQUINA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS MG 303

N°

Realizado por

A.V.L

Fecha inicia

Fecha final

Ref.

Revisado por

Fecha inicia

Fecha final

Componente	FUNCIÓN	ITEM	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTOS DE LAS FALLAS (QUE SUCEDE CUANDO FALLO)
Alimentador tipo QS5/2 - QMD	6	A	No entrega barra transversal	1	Atasque de barra transversal por desgaste en guías TRABAJO A REALIZAR: Detener la máquina, cambio de guía afectada, revisión de otras 3 guías para evaluar desgaste TIEMPO PARA RESTABLECER: 45 minutos. EVIDENTE SI / NO
				2	Atasque de barra transversal por medida mayor a 2.37mm TRABAJO A REALIZAR: posicionar guía utilizando la manivela tanto de apertura como de altura, luego reiniciar la máquina. TIEMPO PARA RESTABLECER: 5 minutos. EVIDENTE SI / NO
				3	Daño en tambor rotativo por sobrecorriente TRABAJO A REALIZAR: Detener la máquina, informar a mantenimiento, cambio de tambor rotativo TIEMPO PARA RESTABLECER: 3 horas
Cizalla para corte longitudinal	7	A	No cortar malla electrosoldada	1	Daño en cuchillas por desgaste TRABAJO A REALIZAR: Detener la máquina, informar a mantenimiento, cambio de cuchillas TIEMPO PARA RESTABLECER: 2 horas. EVIDENTE SI / NO
				2	Falta de aire por daño en compresor TRABAJO A REALIZAR: Detener la máquina, informar a mantenimiento, revisión del compresor para determinar fallo y corrección de fallo TIEMPO PARA RESTABLECER: 30 minutos EVIDENTE SI / NO
				3	Falta de aire por fugas en sistema neumático TRABAJO A REALIZAR: Cambio de manguera dañada de sistema neumático, revisión de demás mangueras para evaluar cambio TIEMPO PARA RESTABLECER: 30 minutos. EVIDENTE SI / NO
				4	Daño en sensor de longitud de malla por golpe TRABAJO A REALIZAR: Detener la máquina, informar a mantenimiento, cambio de sensor de longitud TIEMPO PARA RESTABLECER: 20 minutos.

[Escriba aquí]



HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN RCM II

El acero que hace fuerte a Colombia

ANÁLISIS DE RCM2

TERNIUM COLOMBIA SAS

SISTEMA: CUSTOMIZADOS

SUBSISTEMA: MÁQUINA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS MG 303

N°

Realizado por

A.V.L

Fecha inicia

Fecha final

Ref.

Revisado por

Fecha inicia

Fecha final

Componente	FUNCIÓN	ITEM	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTOS DE LAS FALLAS (QUE SUCEDE CUANDO FALLO)	
Volteador apilador Mv/S -16000	Voltear malla electrosoldada	A	No volteo malla electrosoldada	1	Uñas de agarre dañadas por desgaste	Desgaste de uñas de agarre generan que la malla se caiga del volteador, lo que causa alarma de falla en volteador TRABAJO A REALIZAR: Operador debe realizar cambio de uñas TIEMPO PARA RESTABLECER: 30 minutos EVIDENTE SI / NO
				2	Falta de aire por daño en compresor	Falta de aire en el sistema ocasiona que no se active uñas ni volteador TRABAJO A REALIZAR: Detener la máquina, informar a mantenimiento, revisión del compresor para determinar fallo y corrección de fallo. TIEMPO PARA RESTABLECER: Hasta 5 horas EVIDENTE SI / NO
				3	Falta de aire por fugas en sistema neumático	Falta de aire en el sistema ocasiona que no se active uñas ni volteador TRABAJO A REALIZAR: Cambio de manguera dañada de sistema neumático, revisión de demás mangueras para evaluar cambio TIEMPO PARA RESTABLECER: 30 minutos. EVIDENTE SI / NO
				4	Daño en motor trifásico por sobrecorriente	Daño en motor trifásico por corriente ocasiona que pueda girar el brazo volteador TRABAJO A REALIZAR: Detener la máquina, avisar a mantenimiento, cambio de motor trifásico TIEMPO PARA RESTABLECER: 2 horas. EVIDENTE SI / NO
				1	Falta de aire por daño en compresor	Falta de aire en el sistema ocasiona que no se activa soportes apiladores TRABAJO A REALIZAR: Detener la máquina, informar a mantenimiento, revisión del compresor para determinar fallo y corrección de fallo. TIEMPO PARA RESTABLECER: Hasta 5 horas EVIDENTE SI / NO
				2	Falta de aire por fugas en sistema neumático	Falta de aire en el sistema ocasiona que no se activa soportes apiladores TRABAJO A REALIZAR: Cambio de manguera dañada de sistema neumático, revisión de demás mangueras para evaluar cambio TIEMPO PARA RESTABLECER: 30 minutos. EVIDENTE SI / NO
				3	Daño de soportes por desgaste	Soportes desgastados no apilan adecuadamente las mallas electrosoldadas TRABAJO A REALIZAR: Cambio de soportes por unos nuevos TIEMPO PARA RESTABLECER: 3 horas
				8	Apilar malla electrosoldada	B

[Escriba aquí]

ANEXO B. DIAGRAMA DE DECISIÓN

ANÁLISIS DE RCM2 TERNIUM COLOMBIA S.A.S																	
DIAGRAMA DE DECISIÓN																	
MÁQUINA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS MG 303																	
El acero que hace fuerte a Colombia																	
HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN RCM II		ELEMENTO										Nº	Realizado por	Fecha inicial		Fecha final	
		MÁQUINA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS MG 303											ALFONSO ENRIQUE VILLALBA LOPEZ				
		COMPONENTE										Ref.	Revisado por	Fecha inicial		Fecha final	
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"				Tarea a realizar	Frecuencia inicial	A realizar por	Comentarios / Observaciones
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4					
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Realizar rutina de inspección de rodamientos según formato de inspección que se encuentra en la O.T. Cambio después de 6 meses.	Mensual	Guardia mecánico		
1	A	2	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Capacitación a guardias mecánicos de parámetros de los frenos	Semestral	Guardias mecánicos		
1	A	3	S	N	S	-	N	N	N	-	-	S	Programación de tareas multiples en el compresor: Revisión de aceite, limpieza de partes, revisión de sistema neumático	Mensual	Inspectores de Mantenimiento		
1	A	4	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Realizar rutina de inspección de mangueras según formato de inspección que se encuentra en la O.T. Cambio después de 3 meses.	Mensual	Guardia mecánico		
1	B	5	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Realizar rutina de inspección de rodamientos según formato de inspección que se encuentra en la O.T. Cambio después de 6 meses.	Mensual	Guardia mecánico		
1	B	2	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Capacitación a guardias mecánicos de parámetros de los frenos	Semestral	Guardias mecánicos		
2	A	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Realizar rutina de inspección de rodamientos según formato de inspección que se encuentra en la O.T. Cambio después de 3 meses.	Mensual	Guardia mecánico		
2	A	2	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Diseño de layout de planta para asegurar alineación en la máquina	Una Vez	Coordinador de Mantenimiento		
2	A	3	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Ver Fallas Funcionales y planes a crear del modulo de avance por rodillos	-	-		
2	A	4	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Realizar rutina de inspección de ruedas enderezadoras según formato de inspección que se encuentra en la O.T. Cambio después de 4 meses.	Mensual	Guardia mecánico		
2	B	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Realizar rutina de inspección de ruedas enderezadoras según formato de inspección que se encuentra en la O.T. Cambio después de 4 meses.	Mensual	Guardia mecánico		
2	B	2	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Realizar rutina de inspección de rodamientos según formato de inspección que se encuentra en la O.T. Cambio después de 3 meses.	Mensual	Guardia mecánico		

[Escriba aquí]



ANÁLISIS DE RCM2 TERNIUM COLOMBIA S.A.S

DIAGRAMA DE DECISIÓN
MÁQUINA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS MG 303

El acero que hace fuerte a Colombia

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN RCM II			ELEMENTO										Nº	Realizado por	Fecha inicial		Fecha final	
			MÁQUINA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS MG 303											ALFONSO ENRIQUE VILLALBA LOPEZ				
			COMPONENTE												Ref.	Revisado por		
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"				Tarea a realizar	Frecuencia inicial	A realizar por	Comentarios / Observaciones	
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4						
3	A	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Realizar cambio programado después de 6 meses	Semestral	Guardia eléctrico			
3	A	2	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Sugerir a producción creación de practica operativa para evitar enredo en alambre en el proceso de trefilación	Una Vez	Coordinador de Mantenimiento			
3	A	3	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Realizar rutina de inspección de guías según formato de inspección que se encuentra en la O.T. Cambio después de 1 año.	Mensual	Guardia mecánico			
3	A	4	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Diseño de layout de planta para asegurar alineación en la máquina	Una Vez	Coordinador de Mantenimiento			
3	B	1	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Sugerir a producción creación de practica operativa para evitar enredo en alambre en el proceso de trefilación	Una Vez	Coordinador de Mantenimiento			
3	B	2	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Realizar rutina de inspección de guías según formato de inspección que se encuentra en la O.T. Cambio después de 3 meses.	Mensual	Guardia mecánico			
4	A	1	S	N	S	-	N	N	N	-	-	S	Programación de tareas multiples en el compresor: Revisión de aceite, limpieza de partes, revisión de sistema neumático	Mensual	Inspectores de Mantenimiento			
4	A	2	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Realizar rutina de inspección de mangueras según formato de inspección que se encuentra en la O.T. Cambio después de 3 meses.	Mensual	Guardia mecánico			
4	A	3	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Realizar rutina de inspección de ruedas de arrastre según formato de inspección que se encuentra en la O.T. Cambio después de 6 meses.	Mensual	Guardia mecánico			
4	A	4	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Ver Tarea a Realizar del punto 4-A-1.	-	-			
4	A	5	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Sin tarea de mantenimiento preventivo, cambiar a fallo por sobrecorriente	-	Guardia eléctrico			
4	B	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Realizar rutina de inspección de mangueras según formato de inspección que se encuentra en la O.T. Cambio después de 3 meses.	Mensual	Guardia mecánico			
4	B	2	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Ver Tarea a Realizar del punto 4-A-1.	-	-			
4	B	3	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Sin tarea de mantenimiento preventivo, cambiar a fallo por sobrecorriente	-	Guardia eléctrico			
5	A	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Mantenimiento predictivo, realizar termografía infraroja cada 3 meses para evaluar estado de transformador	Trimestral	Inspector de mantenimiento			

[Escriba aquí]



ANÁLISIS DE RCM2 TERNIUM COLOMBIA S.A.S

DIAGRAMA DE DECISIÓN
MÁQUINA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS MG 303

El acero que hace fuerte a Colombia

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN RCM II			ELEMENTO				Nº	Realizado por	ALFONSO ENRIQUE VILLALBA LOPEZ				Fecha inicial	Fecha final		
			MÁQUINA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS MG 303				Ref.	Revisado por					Fecha inicial	Fecha final		
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				Tareas "a falta de"			Tarea a realizar	Frecuencia inicial	A realizar por	Comentarios / Observaciones			
			H	S	E	O	H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3					H4	H5	S4
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
5	A	2	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Sugerir a producción creación de practica operativa de limpieza diaria para evitar acumulación de impurezas	Una Vez	Coordinador de Mantenimiento	
5	A	3	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Realizar rutina de inspección de electrodos según formato de inspección que se encuentra en la O.T. Cambio después de 10 corridas de fabricación.	Mensual	Guardia eléctrico - Operador de Máquina	
5	A	4	S	N	S	-	N	N	N	-	-	S	Programación de tareas multiples en el compresor: Revisión de aceite, limpieza de partes, revisión de sistema neumático	Mensual	Inspectores de Mantenimiento	
5	A	5	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Realizar rutina de inspección de mangueras según formato de inspección que se encuentra en la O.T. Cambio después de 3 meses.	Mensual	Guardia mecánico	
5	A	6	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Realizar rutina de inspección de sistema de refrigeración según formato de inspección que se encuentra en la O.T. Cambio después de 6 meses.	Mensual	Guardia mecánico	
5	B	1	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Sugerir a producción creación de practica operativa de limpieza diaria para evitar acumulación de impurezas	Una Vez	Coordinador de Mantenimiento	
5	B	2	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Creación de practica de mantenimiento preventivo, realizar limpieza de transformadores cada 3 meses	Trimestral	Guardia eléctrico	
5	B	3	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Realizar rutina de inspección de electrodos según formato de inspección que se encuentra en la O.T. Cambio después de 10 corridas de fabricación.	Mensual	Guardia eléctrico - Operador de Máquina	
5	B	4	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Capacitación a operadores de los parámetros óptimos de la máquina para cada referencia de malla electrosoldada	Anual	Líder Base Eléctrica	
6	A	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Agregar en la rutina de inspección de la máquina verificación del estado de las guías del alimentador, inspección mensual, cambio después de 1 año	Mensual	Guardia mecánico	
6	A	2	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Producción cuenta con un programa de inspección de calidad para las longitudes de las barras transversales	-	-	
6	A	3	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Sin tarea de mantenimiento preventivo, cambiar a fallo por sobrecorriente	-	Guardia eléctrico	
7	A	1	S	N	N	S	N	S	-	-	-	-	Realizar rutina de inspección de cuchillas según formato de inspección que se encuentra en la O.T. Rectificar cuchillas cada 4 meses, cambio de cuchillas cada 2 años	Mensual	Guardia mecánico	

[Escriba aquí]



ANÁLISIS DE RCM2 TERNIUM COLOMBIA S.A.S

DIAGRAMA DE DECISIÓN
MÁQUINA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS MG 303

El acero que hace fuerte a Colombia

HOJA DE TRABAJO DE DECISIÓN RCM II			ELEMENTO				Nº	Realizado por	ALFONSO ENRIQUE VILLALBA LOPEZ	Fecha inicial	Fecha final					
			MÁQUINA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS MG 303													
Referencia de información			COMPONENTE				Ref.	Revisado por	Tarea a realizar	Fecha inicial	Fecha final					
			Evaluación de las consecuencias				Tareas "a falta de"			Frecuencia inicial	A realizar por	Comentarios / Observaciones				
F	FF	FM	H	S	E	O	H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	H4	H5	S4				
7	A	2	S	N	S	-	N	N	N	-	-	S	Programación de tareas multiples en el compresor: Revisión de aceite, limpieza de partes, revisión de sistema neumático	Mensual	Inspectores de Mantenimiento	
7	A	3	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Realizar rutina de inspección de mangueras según formato de inspección que se encuentra en la O.T. Cambio después de 3 meses.	Mensual	Guardia mecánico	
7	A	4	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Sin tarea de mantenimiento preventivo, cambiar a fallo	-	Guardia eléctrico	
8	A	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Agregar en la rutina de inspección de la máquina verificación del estado de las uñas del volteador, inspección mensual, cambio después de 6 meses	Mensual	Guardia mecánico	
8	A	2	S	N	S	-	N	N	N	-	-	S	Programación de tareas multiples en el compresor: Revisión de aceite, limpieza de partes, revisión de sistema neumático	Mensual	Inspectores de Mantenimiento	
8	A	3	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Realizar rutina de inspección de mangueras según formato de inspección que se encuentra en la O.T. Cambio después de 3 meses.	Mensual	Guardia mecánico	
8	A	4	S	N	N	S	N	N	N	-	-	-	Sin tarea de mantenimiento preventivo, cambiar a fallo por sobrecorriente	-	Guardia eléctrico	
8	B	1	S	N	S	-	N	N	N	-	-	S	Programación de tareas multiples en el compresor: Revisión de aceite, limpieza de partes, revisión de sistema neumático	Mensual	Inspectores de Mantenimiento	
8	B	2	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Realizar rutina de inspección de mangueras según formato de inspección que se encuentra en la O.T. Cambio después de 3 meses.	Mensual	Guardia mecánico	
8	B	3	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Agregar en la rutina de inspección de la máquina verificación del estado de los soportes del apilador, inspección mensual, cambio después de 6 meses	Mensual	Guardia mecánico	

[Escriba aquí]