

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	0
		Fecha	2017

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA RCM A LOS EQUIPOS MÁS CRÍTICOS DE LA COMPAÑÍA ARQUITECTURA Y CONCRETO

JOHN FREDI ISAZA CASTRO

Programa Académico
INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA

Director(es) del trabajo de grado
CARLOS ALBERTO ACEVEDO ALVAREZ, IM.

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO
FACULTAD DE INGENIERIAS
INGENIERIA EN ELECTROMECÁNICA
MEDELLÍN-COLOMBIA
2018**

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

Este trabajo consiste específicamente en el diseño de un plan de mantenimiento basado en la técnica de RCM para los equipos más críticos de la compañía Arquitectura y Concreto, con el fin de optimizar la operatividad y eficiencia; este estudio estuvo centrado en el análisis de los diferentes modos de falla tanto mecánicos como eléctricos. Se entiende por RCM como una filosofía de gestión de mantenimiento en la cual el equipo de trabajo se encarga de optimizar la confiabilidad operacional en un sistema funcional bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo actividades más efectivas de mantenimiento en función de su criticidad a las actividades pertinentes de dicho sistema. Actualmente la compañía posee un programa de mantenimiento basado en el mantenimiento correctivo, pero este no cuenta con tareas que generen confiabilidad en los equipos y aunque las máquinas tienen poco tiempo de haber sido adquiridas, necesitan de un plan de mantenimiento de alta confiabilidad para optimizar la operatividad de los sistemas, garantizando una gestión exitosa en la empresa. Para llegar al objetivo general de este proyecto se pretende inicialmente identificar fallas que hacen que los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos, no funcionen de manera adecuada; definir soluciones para las fallas críticas de los equipos por medio de un análisis de modo y efecto de falla y por último establecer tareas específicas de mantenimiento para los equipos. A través de este trabajo se busca disminuir considerablemente pérdidas económicas o humanas y lograr un mejor posicionamiento de la empresa, evitando que incumpla a sus clientes por no prevenir posibles fallas en los equipos utilizados en la ejecución de la obra.

Palabras clave: mantenimiento, RCM, gestión, fallas, funciones.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01- 22

RECONOCIMIENTOS

Expreso agradecimientos a:

Mi familia por su apoyo incondicional y porque han sido la motivación principal de mi formación personal, espiritual y profesional.

Al Ingeniero Carlos Alberto Acevedo Alvarez, Asesor, por su amplio conocimiento y experiencia en este tema y por sus valiosos aportes en el desarrollo de este trabajo.

Al Ingeniero Jaime Ignacio Betancur Jiménez, por sus correcciones e interés en el buen desarrollo del proyecto.

A los compañeros de trabajo y profesores que de una u otra forma contribuyeron con sus conocimientos al desarrollo de este trabajo y a mi formación como persona y profesional.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01- 22

ACRÓNIMOS

AMEF: Análisis De Modo De Falla

CCI: Cámara Colombiana de Infraestructura.

FTA: Análisis Árbol De Fallas

NTC: Norma técnica colombiana.

RCM: Mantenimiento centrado en la confiabilidad.

TPM: Mantenimiento productivo total

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA ARQUITECTURA Y CONCRETO....	10
1.1.1. MISIÓN	10
1.1.2. VISIÓN	10
1.1.3 VALORES CORPORATIVOS.....	10
1.1.4 POLÍTICAS DE GESTIÓN	10
1.1.5. RESPONSABILIDAD SOCIAL	11
1.1.6. CERTIFICACIONES Y MEMBRESÍAS	11
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.3. OBJETIVO GENERAL.....	12
1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS	12
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	13
1.5. ALCANCE Y LIMITACIONES	13
2. MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. QUE ES LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	15
2.2. DEFINICIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MANTENIMIENTOS	16
2.2.1. MANTENIMIENTO CORRECTIVO O A LA ROTURA.....	16
2.2.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO	17
2.2.3. MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	18
2.2.4. MANTENIMIENTO DETECTIVO	18
2.2.5. MANTENIMIENTO MEJORATIVO.....	19
2.2.6. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.....	19
2.2.7. MANTENIMIENTO CENTRADO EN FIABILIDAD/CONFIABILIDAD (RCM)20	
2.2.7.1 HERRAMIENTAS USADAS PARA APLICAR RCM	21
2.2.7.2 MATRIZ DE CRITICIDAD	21
2.2.7.3 ANÁLISIS DE MODO DE FALLA (AMEF).....	24
2.2.7.4 ÁRBOL DE FALLAS.....	25
2.2.7.4.1 DIAGRAMA LÓGICO DE FTA.....	26

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.2.7.4.2 CONSTRUCCIÓN DEL ÁRBOL DE FALLA	28
2.2.7.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE APLICAR RCM	28
2.3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN PARA MANTENIMIENTO	29
2.4. MÉTODO DE CODIFICACIÓN DE EQUIPOS	31
2.4.1. SISTEMA DE 8 DÍGITOS.....	31
2.5. FORMATOS DE MANTENIMIENTO	32
2.5.1 LISTA DE CHEQUEO	33
2.5.2 FORMATO DE HOJA DE VIDA	34
2.5.3. FORMATO DE FICHA TÉCNICA.....	34
2.5.4. FORMATO DE SOLICITUD DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO	35
2.5.5. FORMATO ORDEN DE TRABAJO.....	35
2.5.6. FORMATO DE INFORME DE MANTENIMIENTO	35
2.6. MÉTODO DE CLASIFICACIÓN DE FALLAS.....	36
2.6.1. CURVA DE LA BAÑERA	37
2.6.2. TÉCNICA DE LOS CINCO (5) PORQUÉS	38
2.6.3. DIAGRAMA DE ISHIKAWA O CAUSA-EFECTO.....	38
2.7 EL COMPORTAMIENTO DE LAS FALLAS A TRAVÉS DEL TIEMPO	39
2.7.1 TORRE GRÚA	41
2.7.2 PARTES DE LA TORRE GRÚA.....	42
2.8. ELEVADOR DE CARGA	44
2.8.1. PARTES DEL ELEVADOR DE CARGA	44
3. METODOLOGÍA.....	46
3.1.1 PROPUESTA DE LISTA DE CHEQUEO	46
3.1.2. PROPUESTA DE HOJA DE VIDA	48
3.1.3. PROPUESTA DE FORMATO DE SOLICITUD DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO	50
3.1.4 PROPUESTA DE HERRAMIENTA INFORMÁTICA DE MANTENIMIENTO	
QUE PERMITA AGILIZAR Y DAR UN MEJOR MANEJO A LA INFORMACIÓN....	51
3.1.4. PROPUESTA FORMATO ORDEN DE TRABAJO	50

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.2. INFORMACIÓN TÉCNICA DE LAS TORRE GRÚAS	51
3.2.1. TORRE GRÚA ZOOMLION TC 5010-4	51
3.3. INFORMACIÓN TÉCNICA DEL ELEVADOR ZOOMLION DC 200/200	57
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
4.1. APLICACIÓN DE RCM AL EQUIPO TORRE GRÚA.....	60
4.2 APLICACIÓN DE RCM AL EQUIPO ELEVADOR.	84
4.3 DIAGRAMA DE DECISIÓN DE RCM.	93
4.3.1 Contenido de la hoja de decisión	94
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO.....	110
REFERENCIAS.....	111

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Matriz de Criticidad Semi cuantitativa	Error! Bookmark not defined.
Figura 2. Curva de la bañera.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 3. Ejemplo del diagrama de causa y efecto.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 4. Patrón de falla A	Error! Bookmark not defined.
Figura 5. Patrón de falla B	Error! Bookmark not defined.
Figura 6. Patrón de falla C	Error! Bookmark not defined.
Figura 7. Patrón de falla D	Error! Bookmark not defined.
Figura 8. Patrón de falla E	Error! Bookmark not defined.
Figura 9. Patrón de falla F	Error! Bookmark not defined.
Figura 10. Mandos de la torre grúa zoomlion tc 5010-4..	Error! Bookmark not defined.
Figura 11. Corona torregrua tc 5010-4.	Error! Bookmark not defined.
Figura 12. Representacion grafica de un elevador de carga	Error! Bookmark not defined.
Figura 13. Torre grúa zoomlion tc 5010-4 especificaciones de longitudes	Error! Bookmark not defined.
Figura 14. Limitador de altura de carga	Error! Bookmark not defined.
Figura 15. Limitador de peso.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 16. Mandos de la torre grúa zoomlion tc 5010-4..	Error! Bookmark not defined.
Figura 17. Sensor de peso elevador zoomlion.	Error! Bookmark not defined.
Figura 18. Sistema freno caída libre.....	Error! Bookmark not defined.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

INDICE DE TABLA

Tabla 1. Símbolos utilizados para la representación del árbol de falla.**Error! Bookmark not defined.**

Tabla 2. Lista de chequeo elevador de carga..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabla 3. Lista de chequeo torre grúa **Error! Bookmark not defined.**

Tabla 4. Propuesta hoja de vida..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabla 5. Propuesta solicitud de servicio **Error! Bookmark not defined.**

Tabla 6. Propuesta orden de trabajo **Error! Bookmark not defined.**

Tabla 8. Parámetros generales, torre grúa tc 5010-4..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabla 9. Parámetros mecanismo de elevación, torre grúa tc 5010-4..**Error! Bookmark not defined.**

Tabla 10. Parámetros mecanismo del carrito, torre grúa tc 5010-4..**Error! Bookmark not defined.**

Tabla 11. Parámetros mecanismo de giro, torre grúa tc 5010-4..**Error! Bookmark not defined.**

Tabla 12. Datos generales elevador de carga zoomlion. . **Error! Bookmark not defined.**

Tabla 13. Aplicación de análisis de modo de falla equipo torre grúa.**Error! Bookmark not defined.**

Tabla 14. Aplicación de análisis de modo de falla equipo elevador de carga. **Error! Bookmark not defined.**

Tabla 15. Formato hoja de decisión..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabla 16. Hoja de decisión torre grúa tc 5010..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabla 17. Hoja de decisión elevador de carga **Error! Bookmark not defined.**

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1.INTRODUCCIÓN

1.1. RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA ARQUITECTURA Y CONCRETO

La empresa arquitectura y concreto fue fundada en el año 1990 por el ingeniero civil Francisco Martínez Restrepo desde sus inicios se han dedicado a la construcción, comercialización y gerencia de proyectos inmobiliarios de índole institucional, pública, comercial, empresarial, turística y residencial, incursionando actualmente en proyectos de infraestructura vial en la red carretera del País.

1.1.1. MISIÓN

Somos una organización de servicios de construcción responsable económica, social y ambientalmente, que ofrece confianza, rentabilidad y desarrollo a sus empleados, clientes y aliados. Generamos proyectos innovadores que nos brindan sostenibilidad.

1.1.2. VISIÓN

Ser una organización reconocida en la industria de la construcción por su solidez, confiabilidad e innovación.

1.1.3 VALORES CORPORATIVOS

Confianza, amabilidad, innovación, honestidad, seguridad y capacidad de respuesta.

1.1.4 POLÍTICAS DE GESTIÓN

Generar confianza en nuestros aliados, clientes internos y externos mejorando e innovando continuamente sus procesos en beneficio de entregar un producto final coherente con sus expectativas, cumpliendo con los requisitos legales y técnicos vigentes. Proporcionar condiciones de trabajo seguras y saludables para todas las personas que

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

estén bajo la responsabilidad de la organización, fomentando el crecimiento profesional y personal. Generando acciones para reducir la contaminación, mitigar los impactos ambientales y controlar los riesgos identificados.

1.1.5. RESPONSABILIDAD SOCIAL

Nuestro compromiso trasciende la construcción de los espacios; construimos sueños, alegrías, entornos, de una manera transparente, exigente y planeada, para generar nuevas y mejores expresiones de vida. Entendemos el progreso como un motor social y económico que involucra todos los estamentos de un país en la perspectiva de generar calidad de vida y más oportunidades de bienestar para todos.

La solidaridad hace parte de nuestros valores corporativos, por ello destinamos parte de nuestros recursos a la construcción de un mejor futuro, responsable, educado, retador, transparente y solidario.

Basamos nuestra Responsabilidad Social en tres ejes de acción enfocados en el cuidado del medio ambiente, aporte al desarrollo económico y compromiso al progreso social a través de Contribución al mejoramiento de la calidad de vida de las personas dentro de la organización, con programas como la “Universidad del Servicio”, programa de formación escuela de Camacol, para la validación de primaria, convenios institucionales para la validación del bachillerato, Implementación de objetivos ambientales a nivel organizacional buscando reducir la contaminación, mitigar los impactos sobre el medio ambiente y sus habitantes. Apoyo a la Fundación de los Andes Y apoyo a la Fundación educativa Mano Amiga.

1.1.6. CERTIFICACIONES Y MEMBRESÍAS

Contamos con las Certificaciones ICONTEC NTC – ISO 9001: 2008, ISO 14001: 2004 y OHSAS 18001:2007, en las actividades de generación, comercialización, gerencia, gestión de diseño y construcción de edificaciones, obras de urbanismo, sistemas de acueducto y alcantarillados. Construcción de centrales hidroeléctricas, infraestructura vial y puentes.

Somos miembros del Consejo de Construcción Sostenible, la Cámara Colombiana de la Construcción – CAMACOL, National Association of Home Builders y la Cámara Colombiana de Infraestructura – CCI.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Observando las necesidades de la compañía, encontré que una buena gestión del mantenimiento es vital para contar con un equipo de alta confiabilidad y seguridad. Por lo tanto, es de gran importancia mantener toda la información de una forma sistemática, segura y al menor costo posible, o recuperar estos activos de manera progresiva, producto de una buena y eficiente gestión.

Este proyecto de grado surge bajo conocimiento previos de la necesidad de la compañía a la hora de ofrecer a las diferentes obras una alta confiabilidad en sus equipos, así reduciendo los tiempos de entrega de sus diferentes proyectos civiles. Esto aumenta su confiabilidad ya que esta no cuenta con ninguna actividad estándar que permita la documentación, control y archivo de las actividades que se realizan a los equipos y muchos menos se tienen definidos planes para minimizar las pérdidas que se generan de este tipo de manejos. La compañía efectúa solamente mantenimientos correctivos y estos últimos poseen la tendencia de no ser muy adecuados cuando se pretende medir un proceso ya que todo aquello que es medible es susceptible de mejora.

El valor agregado de este proyecto se encuentra principalmente en dar a conocer a las directivas de la empresa la importancia de una buena gestión en el mantenimiento y la capacitación que deben recibir ellos y sus empleados en pro de siempre mejorar, lo que se verá reflejado en un mejor servicio y cumplimiento en ejecución de las obras.

La meta es iniciar un proceso que nos lleve a mejorar y abrir un nuevo camino para la compañía, realizando una gestión del mantenimiento que lleve a proponer la instauración de un programa en sí de mantenimiento preventivo y predictivo con el apoyo quizás de un software que permita un mayor control de las actividades.

1.3. OBJETIVO GENERAL

Diseñar y documentar un sistema de gestión del mantenimiento para los equipos más críticos de la compañía arquitectura y concreto.

1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico de la situación actual de los equipos más críticos de la compañía referente a la gestión del mantenimiento.
- Identificar y clasificar las falencias que presenta el sistema de mantenimiento de estos equipos.
- Analizar los posibles factores que originan las fallas en los equipos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Diseñar el sistema de información para el mantenimiento propuesto.
- Diseñar el sistema de gestión en mantenimiento.
- Proponer una herramienta de mantenimiento que permita agilizar y dar un mejor manejo a la información (software de mantenimiento).

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La constructora arquitectura y concreto opera de forma constante en diferentes lugares de Medellín, Bogotá y actualmente en el caribe colombiano, ejecutando obras civiles. Para esta labor cuenta con diferente equipos, entre uno de ellos esta los equipos de izaje y manejo de carga. Estos equipos fueron los que he considerado para realizar la gestión de mantenimiento basado en la metodología RCM. Se eligieron debido a su alta criticidad y la necesidad de que su confiabilidad sea alta ya que son equipos que operan cargas superiores de 1 ton a alturas promedio de 100 m sobre la obra civil, de modo que una parada imprevista significaría perdida para toda la compañía ya que estos equipos son los motores principales de producción y alcance de elementos desde losas inferiores a las losas de avance. De allí la importancia de que todos los sistemas que la integran trabajen sin limitaciones, de forma eficiente.

La actualización y revisión de la metodología RCM pretende garantizar un plan de mantenimiento preventivo, correctivo y confiable que sea entendible y muestre de forma clara y sencilla las posibles causas de falla de un equipo, sistema o subsistema y la tecnología de mantenimiento más adecuada que deba usarse para llevar a cabo el mantenimiento preventivo. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que algunos equipos o elementos podrán fallar, pero ello no supondrá una pérdida considerable a la empresa de manera tal que quizás no sea necesario ni rentable gastar dinero reparando equipos o adquiriendo otros, sabiendo que eso no repercute de forma negativa en la ejecución de la obra. Claro no hay que subestimar la importancia de cada equipo o elemento, para ello se debe tener conocimiento de su función y qué papel cumple en todo el sistema.

1.5. ALCANCE Y LIMITACIONES

En el plan de trabajo realizado, se plantea una estrategia de mantenimiento basado en la metodología RCM y análisis de fallas permitiendo así en teoría reducir en gran escala los mantenimientos innecesarios y aumentados la confiabilidad de los equipos críticos de la compañía arquitectura y concreto.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Este proyecto es limitado al solo ser un propuesta para reestructurar la forma en que se maneja el área de gestión de mantenimiento de la compañía quedando exento así de cualquier tipo de trabajo practico al igual se ve limitado por la ausencia de información técnica de los equipos ya que la compañía no cuenta con una base de datos centralizada ni ningún tipo de información o asesoría de los fabricantes de los equipos quitándonos la posibilidad de cotejar los resultados obtenidos con las recomendaciones de los fabricantes.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEÓRICO

2.1. QUE ES LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

Antes de definir lo que es Gestión del Mantenimiento, primero identificaremos los significados de las palabras gestión y mantenimiento. El primer término que definiré es gestión.

“Del latín *gestiō*, el concepto de gestión hace referencia a la acción y a la consecuencia de administrar o gestionar algo. Al respecto, hay que decir que gestionar es llevar a cabo diligencias que hacen posible la realización de una operación comercial o de un anhelo cualquiera.” (Merino, 2012) .

Ahora bien, conociendo lo que significa gestión, pasamos a definir qué es mantenimiento.

“Acciones necesarias para que un ítem (Término general para indicar un equipo, obra o instalación) sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición especificada”. (Mantenimiento Mundial, 2011).

Conociendo ambos significados, podemos concluir que un sistema de gestión de mantenimiento, es un conjunto de elementos relacionados para establecer una referencia permitiendo que un ítem sea conservado a fin de cumplir su función establecida.

Un sistema de gestión de mantenimiento debe considerarse como una pieza fundamental de la estrategia organizacional, siendo ésta la responsable de la correcta operatividad de la maquinaria involucrada, siendo desarrollado en un ciclo de mantenimiento que consta de un parte administrativa y una operacional que se frecuenta constantemente y ninguna puede existir independientemente, debido a que los procesos administrativos definen los alcances de los procesos operacionales e igualmente los resultados de los procesos operacionales determinan el éxito de los procesos administrativos.

En el proceso administrativo podemos diferenciar los objetivos del departamento de mantenimiento, los planeamientos donde consideramos los recursos, la mano de obra, finanzas y la medición del rendimiento (conocemos y evaluamos si los objetivos planteados inicialmente fueron satisfactorios).

En el proceso operacional se tienen en cuenta el planeamiento técnico y la parte operacional, teniendo dos procesos principales que son el planeamiento del

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

mantenimiento (estrategia, plan y la optimización de la estrategia) y Operación del mantenimiento (administración, ejecución y la gestión de las diferentes tareas a ejecutar).

Los principales aspectos para estudiar en una gestión del mantenimiento son:

- **La gestión del mantenimiento correctivo:** Es importante valorar que en cualquier industria es imprescindible el mantenimiento correctivo. Cuando realizamos una gestión de mantenimiento siempre se tendrá en cuenta la disminución de este tipo de averías, pero nunca se podrá olvidar que siempre habrá posibilidad de su existencia por lo cual lo primero que se debe evaluar en una gestión de mantenimiento es cómo afrontar de mejor manera estos tipos de percances a lo largo de la función del equipo.
- **La gestión de materiales y repuestos utilizados:** Se debe iniciar siempre con un análisis de que repuestos se deben mantener en stock su debida referencia **con** el registro de entrada y salida de ellos del almacén y la compra de ellos.
- **La gestión de los recursos humanos:** El personal de mantenimiento de una compañía tiene algunas peculiaridades que se hacen diferentes del resto del **personal** que de ellos depende la buena ejecución de los mantenimientos al equipo, por lo tanto se debe prestar énfasis en su selección, motivación y formación.
- **La gestión de la seguridad:** La actividad de mantenimiento implica un alto riesgo tanto para el personal que lo ejecuta como para el personal que opera o transita cerca de los equipos, por lo tanto se debe estudiar con detenimiento cuáles son esos riesgos a los que están sometidos y que responsabilidad adquiriría la compañía tanto desde la parte social, civil y penal de llegar a ocurrir. (Garrido, 2010)

2.2. DEFINICIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MANTENIMIENTOS

Tradicionalmente, se han distinguido 5 tipos de mantenimiento que son: correctivo, preventivo, predictivo, detectivo y el mejorativo, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen. A continuación, hare una breve exposición de cada uno de ellos y sus principales ventajas y desventajas.

2.2.1. MANTENIMIENTO CORRECTIVO O A LA ROTURA

El mantenimiento correctivo es denominado como aquel que se realiza con la única finalidad de reparar fallas o defectos que se presentan en los equipos mediante su operación. Es la forma más básica de realizar mantenimiento, puesto que simplemente se localiza y corrige las averías o desperfectos que impidan que la máquina realice su función.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El mantenimiento correctivo fue la forma más aplicada a la hora de una falla hasta el siglo XX dada la simplicidad de los equipos de la época y la poca información e interés en evitar estas fallas. Hoy en día existen dos tipos, el mantenimiento correctivo contingente y el mantenimiento correctivo programado. (Mantenimiento Mundial, 2011)

El mantenimiento correctivo contingente es aquel que es realizado de manera imprevista, cuando ocurre un fallo, imponiendo la necesidad de reparar el equipo para poder continuar haciendo uso de él. Esto tiende a que la reparación se lleve a cabo con la mayor rapidez para así evitar pérdidas económicas o humanas.

El mantenimiento correctivo programado es el que tiene como objetivo anticiparse a los posibles fallos que pueda presentar un equipo de un momento a otro tratando de prever, con base en experiencias pasadas, los posibles momentos en que un equipo debe ser sometido a un proceso de mantenimiento para identificar piezas gastadas o posibles averías. (Salazar, 2016)

La ventaja principal del mantenimiento correctivo es que permite alargar la vida útil de los equipos por medio de la reparación y la corrección de averías, librando a la empresa la necesidad de comprar un nuevo equipo cada vez que uno se averíe.

Las desventajas están relacionadas con la dificultad, en muchas ocasiones, de predecir una avería, lo cual obliga a una detención de la producción mientras se detecta el problema, se consigue el repuesto y se repara el equipo incrementando los costos y los tiempos de la reparación. (Mantenimiento Mundial, 2011)

2.2.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo también conocido como mantenimiento Planificado - MPP. “Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema” (Renovetec, 2009). Consta de la programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, limpieza, lubricación y calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido y no a una demanda. Consta de 4 fases para su implementación que son la realización de un Inventario que trata de la recopilación de manuales, planos y características de cada equipo; realización de un procedimiento técnico que es la realización de listados de trabajos a efectuar periódicamente; el control de frecuencias que son las indicaciones exactas de la fecha a efectuar el trabajo y por

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

último el registro de reparaciones, repuestos y costos que ayuden a planificar un buen plan de mantenimiento.

Sus principales ventajas son la confiabilidad en los equipos dado que operan en mejores condiciones de seguridad, disminuye el tiempo de paro, también encontramos una disminución de existencias de repuestos en el almacén puesto que da una noción de los de mayor y menor consumo, por último, presenta una mejor distribución de la carga laboral para el personal de Mantenimiento debido a una programación de actividades.

Sus desventajas son pocas pero se requiere tanto de experiencia del personal de mantenimiento como de las recomendaciones del fabricante para realizar el programa de mantenimiento a los equipos y no nos permite determinar con exactitud el desgaste de las piezas de los equipos. (Park, 2012)

2.2.3. MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Son una serie de acciones que se aplican con el objetivo de detectar posibles fallas y defectos de maquinaria en sus etapas iniciales para así evitar que estos fallos se manifiesten en uno de mayor magnitud durante su operación, evitando que ocasionen paros de emergencia y tiempos muertos. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener problemas. Al igual que el preventivo, este tipo de mantenimiento consiste en anteponerse a la avería por medio de la aplicación de herramientas y técnicas de detección de los diferentes elementos.

Para realizarlo es necesario disponer de tecnología basada en indicadores que sean capaces de medir las variables que marquen la intervención a la máquina, así como personal preparado en la interpretación de los datos. (Araujo, 2014)

Sus principales ventajas son que las fallas se detectan en sus etapas iniciales por lo que se cuenta con suficiente tiempo para hacer la planificación y la programación de las acciones correctivas durante paros programados y bajo condiciones controladas que minimicen los tiempos muertos y el efecto negativo sobre la producción garantizando una mejor calidad en las reparaciones. (Renovetec, 2013)

2.2.4. MANTENIMIENTO DETECTIVO

El mantenimiento detectivo o de búsqueda de fallas consiste en la prueba de dispositivos de protección bajo condiciones controladas, para asegurarse que estos dispositivos serán capaces de brindar la protección requerida cuando sean necesarios. En el mantenimiento

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

detectivo no se está reparando un elemento que falló no se está cambiando ni reacondicionando un elemento antes de su vida útil, ni se están buscando síntomas de que una falla está en proceso de ocurrir. Por lo tanto, el mantenimiento detectivo es un cuarto tipo de mantenimiento. A este mantenimiento también se lo llama búsqueda de fallas o prueba funcional, y al intervalo el cual se realiza esta tarea se lo llama intervalo de búsqueda de fallas, o FFI, por sus siglas en inglés (*Failure-Finding Interval*). Por ejemplo, arrojar humo a un detector contra incendios es una tarea de mantenimiento detectivo. (Mantenimiento Mundial, 2011)

2.2.5. MANTENIMIENTO MEJORATIVO

Consiste en la modificación o cambio de las condiciones originales del equipo o instalación para así alargar la vida útil y seguridad del equipo; no es propiamente del área de mantenimiento, pero es considerado un tipo de mantenimiento.

2.2.6. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

Consta de una metodología de mejora permitiendo asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones de los equipos y del sistema mediante la aplicación de los conceptos de prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total de las personas.

Sus pilares son:

- Las mejoras enfocadas que consta de actividades desarrolladas con el fin de mejorar la eficiencia global de los equipos, operaciones y del sistema en general. Dichas mejoras se llevan a cabo a través de una metodología orientada a la eliminación de los limitantes de los equipos. (kobetsu-kaizen, 2014)
- Mantenimiento autónomo es aquel que se lleva a cabo con la colaboración de los operarios. Consiste en realizar actividades no especializadas, como las inspecciones, limpieza, lubricación, ajustes menores, estudios de mejoras, análisis de fallas. Es de suma importancia que los operarios estén capacitados para ejecutar estas actividades. (Aba, 2015)

Los objetivos del mantenimiento autónomo son claros, y contribuyen a la preservación de los equipos mediante la prevención. Además, el mantenimiento autónomo permite adquirir conocimiento y aprendizaje por medio del estudio del equipo, desarrollar habilidades para el análisis y solución de problemas, mejorar las funciones del equipo, mejorar las condiciones de seguridad y eficiencia del equipo.

- Mantenimiento planificado corresponde al mejoramiento incremental y sostenible de los equipos, instalaciones y el sistema en general, con el propósito de lograr el

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

objetivo de "cero averías". El enfoque del mantenimiento planificado, como pilar del TPM, dista en gran medida del mantenimiento preventivo, aportando una metodología estratégica de mejora basada en actividades para prevenir y corregir averías en equipos e instalaciones a través de rutinas diarias, periódicas y predictivas, orientados a mejorar las características de los equipos, para eliminar acciones de mantenimiento, actualizar órdenes de trabajo, actualizar listado de repuestos, para establecer un análisis de confiabilidad. (Guzman, 2014)

- Mantenimiento de calidad tiene como principal objetivo mejorar y mantener las condiciones de los equipos y las instalaciones en un punto óptimo donde sea posible alcanzar la meta de "cero defectos" partiendo de una serie de principios sistemáticos que lo fundamentan como la clasificación de defectos e identificación del contexto, frecuencia, causas, efectos, y relaciones con las condiciones de los equipos, análisis de mantenimiento preventivo para identificar los factores del equipo que pueden generar defectos de calidad, establecer rangos estándar para los factores del equipo que pueden generar defectos de calidad, y determinar sus respectivos procesos de medición, establecer un programa de inspección periódico de los factores críticos. (Apsoluti Group, 2015)
- Educación y entrenamiento. Esto requiere de la participación activa de todo el personal, un personal capacitado. El pilar de educación y entrenamiento se enfoca en garantizar el desarrollo de las competencias del personal, teniendo en cuenta los objetivos de la organización.

2.2.7. MANTENIMIENTO CENTRADO EN FIABILIDAD/CONFIABILIDAD (RCM)

El manual de ingeniero de mantenimiento define al RCM “como una herramienta que permite optimizar las acciones de mantenimiento en la industria”. El RCM (*Reliability Centred Maintenance*) plantea la necesidad de eliminar las averías no tolerables a través del análisis de todos los potenciales fallos que se originan en los diferentes equipos o sistemas estudiando sus consecuencias y determinando en último lugar qué acción debe realizarse para que no se produzcan; en última instancia, también ayuda a determinar qué debe hacerse para minimizar las consecuencias de los fallos que no se pueden o no se han podido evitar (Mantenimiento Mundial, 2011).

Por supuesto, RCM es una herramienta para elaborar un plan de mantenimiento. Pero en realidad, un plan de mantenimiento es solo uno de los frutos del profundo análisis que debe efectuarse en aras de conseguir un mejor proceso productivo. Las modificaciones que son necesarias llevar a cabo, aceptando que un buen mantenimiento no soluciona nunca un mal diseño, y por ende, si la causa de un fallo alberga en el diseño este es el que debe ser sometido a cambios.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El objetivo fundamental de la implantación de un mantenimiento centrado en fiabilidad en una planta industrial es disminuir el tiempo de parada de planta por averías imprevistas que impidan cumplir con los planes de producción. Los objetivos secundarios pero igualmente importantes son aumentar la disponibilidad, es decir, la proporción de tiempo que la planta está en disposición de producción, y disminuir al mismo tiempo los costos de mantenimiento. (Garrido, 2012)

RCM se basa en la identificación de las causas que provocan las fallas y en la determinación de una serie de medidas preventivas que eviten esos fallos, acorde con la importancia de cada uno de ellos. A lo largo del proceso se plantean una serie de preguntas clave que deben quedar resueltas:

- ¿Cuáles son las funciones y los estándares de funcionamiento en cada sistema?
- ¿Cómo falla cada equipo?
- ¿Cuál es la causa de cada fallo?
- ¿Qué parámetros monitorizan o alertan de un fallo?
- ¿Qué consecuencias tiene cada fallo?
- ¿Cómo puede evitarse cada fallo?
- ¿Qué debe hacerse si no es posible evitar un fallo?

La solución a estas preguntas para cada uno de los sistemas que componen una instalación industrial conduce a la determinación de los fallos potenciales, las causas de éstos y las medidas preventivas que tendrán que adoptarse. (Aguilar, 2010)

2.2.7.1 HERRAMIENTAS USADAS PARA APLICAR RCM

La aplicación de RCM requiere un buen conocimiento de los equipos, así como de sus fallas y los impactos causados por ellas. Para adquirir este conocimiento existen 3 herramientas fundamentales las cuales nos aportan información relevante sobre nuestros equipos.

2.2.7.2 MATRIZ DE CRITICIDAD

La criticidad está definida como una metodología que jerarquiza los sistemas, instalaciones y equipos en función de su impacto global con el fin de facilitar la toma de decisiones. Inicialmente se debe definir un alcance y propósito para el análisis para establecer los criterios de evaluación.

$$CTR = FF \times C \quad \text{Ecuación 1, (Parra, 2012)}$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Dónde:

CTR: Criticidad total por Riesgo

FF: Frecuencia de fallas (rango de fallos en un tiempo determinado (fallas/año))

C: Consecuencias de los eventos de fallas

Donde se supone además que el valor de las consecuencias (C), se obtiene a partir de la ecuación 2:

$$C = (IO \times FO) + CM + SHA \quad \text{Ecuación 2, (Parra, 2012)}$$

Siendo:

FRECUENCIA DE FALLAS: Como Su nombre lo indica es el número de veces que se repite un evento considerado como falla dentro de un período de tiempo, que para nuestro caso será de un año evaluándolo de la siguiente forma:

- Alta: más de 5 Fallas por año, al cual le daremos un valor de 4.
- Promedio: Entre 2 y 4 fallas por año, que tendrá un valor de 3.
- Baja: De 1 a 2 Fallas al año, con una calificación de 2.
- Excelente: Menos de 1 falla al año, que obtendrá un valor de 1.

IO = Factor de impacto en la producción es definido por el porcentaje de producción que se afecta cuando ocurre la falla evaluándolo de la siguiente forma:

- Parada Inmediata de toda la planta o línea de producción: Calificada con 10.
- Parada Inmediata de un sector de la línea de producción: Toma un valor de 6
- Impacta los niveles de Producción o calidad: Con un valor de 4
- Repercute en costos operativos adicionales asociados a la disponibilidad del equipo: Calificación 2.
- No genera ningún efecto significativo sobre la producción, las operaciones o la calidad: Calificación 1.

FO = Factor de flexibilidad operacional es Definida como la posibilidad de realizar un cambio rápido para continuar con la producción sin incurrir en costos o pérdidas considerables evaluándolo de la siguiente forma:

- No existe opción de producción o respaldo; Valor 4
- Existe opción de respaldo compartido: Valor 2
- Existe opción de respaldo: Valor 1

CM = Factor de costos de mantenimiento es definido por la totalidad de gastos que implica la reparación del equipo para retornar a su punto operativo dejando por fuera los costos inherentes a los de producción sufridos por la falla evaluándolo de la siguiente forma:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- De 0 a 2.000.000 de pesos: Calificación 1.
- De 2.000.000 a 10.000.000 de pesos: Calificación 5.
- De 10.000.000 a 20.000.000 de pesos: Calificación 10.
- De 20.000.000 a 25.000.000 de pesos: Calificación 20.

SHA = Factor de impacto en seguridad, higiene y ambiente es definido por la posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a personas o al ambiente evaluándolo de la siguiente forma:

- Afecta la seguridad humana interna o externa a la planta: Toma un valor de 40
- Afecta el medio ambiente produciendo daños severos: Toma un valor de 32
- Afecta las instalaciones causando daños severos: Toma un valor de 24
- Provoca accidentes menores al personal interno: Toma un valor de 16
- Provoca un efecto ambiental pero no infringe las normas: Toma un valor de 8
- No provoca ningún daño a las personas o el medio ambiente: Toma un valor de 0 (Reliabilityweb, 2017)

La ecuación final del modelo de priorización de CTR es:

$$CTR = FF \times ((IO \times FO) + CM + SHA) \quad \text{Ecuación 3, (Parra, 2012)}$$

Se seleccionan los sistemas a priorizar y se genera una lluvia de ideas en las que se asignan a cada equipo los valores correspondientes a cada uno de los factores que integran la expresión de Criticidad Total por Riesgo. (Ver ecuación 3).

El valor de frecuencia de fallas se ubica en el eje vertical y el valor de consecuencias se ubica en el eje horizontal (se toma el resultado final de la expresión $(IO \times FO) + CM + SHA$). (Parra, 2012)

La matriz de criticidad mostrada a continuación permite jerarquizar los sistemas en tres áreas (Ver Figura 1):

- Área de sistemas No Críticos (NC)
- Área de sistemas de Media Criticidad (MC)
- Área de sistemas Críticos (C)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

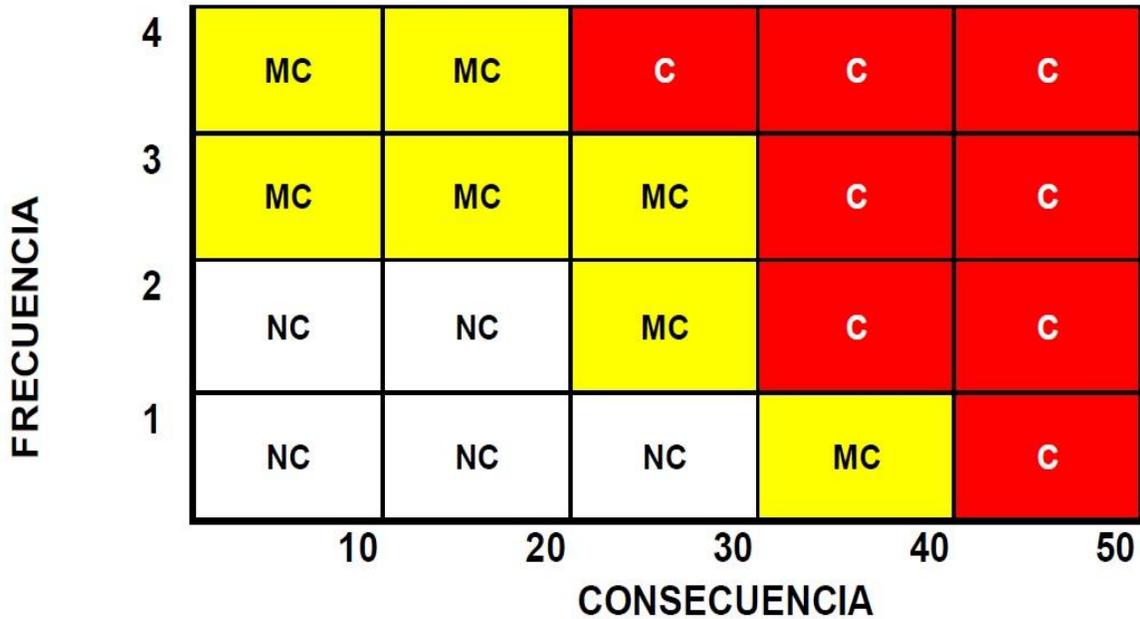


Figura 1. Matriz de Criticidad Semi cuantitativa. (Parra, 2012)

La matriz de criticidad da la posibilidad de hacer visual las fallas más críticas del proceso evaluado, ejecutando un comparativo entre la cantidad de veces que ocurre la falla anualmente contra los perjuicios a la producción producto de estas fallas: mayor cantidad de inconvenientes mayor será su criticidad. Este análisis debe efectuarse en los activos de la compañía cuya función se encuentre bajo la gestión del departamento de mantenimiento así poder determinar y conformar el sistema de gestión del mantenimiento más ajustado a las políticas de la organización y los objetivos propuestos.

2.2.7.3 ANÁLISIS DE MODO DE FALLA (AMEF)

El análisis de modo de falla es un grupo de actividades para evaluar identificar y documentar las fallas potenciales y sus efectos y así poder determinar si se pueden prevenir o no las fallas. Existen tres tipos de modos de falla: el de diseño, proceso y seguridad. El modo de falla de diseño analiza los componentes enfocándose en la funcionalidad de un componente que ha fallado por causa de un mal diseño. El modo de falla de proceso es utilizado para analizar los procesos de manufactura enfocándose en la incapacidad para producir el requerimiento que se pretende. El modo de falla de seguridad está enfocado en el análisis buscando minimizar las condiciones inseguras del equipo. Para entrar en detalle definiremos algunos términos utilizados.

- El modo de falla es la forma en que un proceso puede fallar para cumplir con las especificaciones.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Efecto de falla es el impacto que implica la falla tanto para el equipo como para la producción
- Causa de falla una deficiencia o mala manipulación del elemento que causa la falla

Luego de conocer estas definiciones debemos considerar que para desarrollar el AMEF se requiere de un trabajo previo de recolección de información; en este caso el proceso debe contar con documentación suficiente acerca de todos los elementos que lo componen. El AMEF es un procedimiento sistemático cuyos pasos se describen a continuación:

- Desarrollar un mapa del proceso (Representación gráfica de las operaciones).
- Formar un equipo de trabajo, documentar el proceso, el producto, etc.
- Determinar los pasos críticos del proceso.
- Determinar las fallas potenciales de cada paso del proceso, determinar sus efectos y evaluar su nivel de gravedad (severidad).
- Indicar las causas de cada falla y evaluar la ocurrencia de las fallas.
- Indicar los controles (medidas de detección) que se tienen para detectar fallas y evaluarlas.
- Obtener el número de prioridad de riesgo para cada falla y tomar decisiones.
- Ejecutar acciones preventivas, correctivas o de mejora.

En esta etapa debe realizarse un análisis inicial para identificar fallas potenciales que afecten de manera crítica el proceso. Se toman varios puntos de referencia a la hora de realizar un análisis de modo de falla como la identificación de riesgos potenciales; podemos también considerar factores relacionados con la calidad y la disponibilidad; de esta manera podremos identificar los puntos más críticos de nuestro proceso objetivamente. (Icicm, 2015)

Tal como se mencionó anteriormente, el AMEF constituye un documento, que admite múltiples revisiones, observaciones y calificaciones de acuerdo al devenir de los procesos. Así mismo, se convierte en una fuente invaluable de información relacionada con los equipos, que puede utilizarse tanto para el despliegue de acciones de prevención, corrección y mejora; como para la capacitación y formación del personal en temas relacionados con los equipos y los procesos. (Calva, 2017)

2.2.7.4 ÁRBOL DE FALLAS

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El análisis del Árbol de Fallas es uno de los métodos usados en sistemas de gestión de mantenimiento y análisis de seguridad. Es un proceso deductivo utilizado para determinar las varias combinaciones de fallas de equipo electrónicos, programas de computación y errores humanos que pueden presentarse en la operación normal del sistema.

El análisis deductivo inicia con una conclusión general, luego intenta determinar las causas específicas construyendo un diagrama lógico llamado un árbol de fallas.

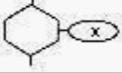
El motivo principal de analizar un árbol de fallas es ayudar a identificar causas potenciales de fallas de sistemas antes de que ocurran. También puede ser utilizado para evaluar la probabilidad del evento más nocivo utilizando métodos analíticos o estadísticos. Estos cálculos incluyen sistemas cuantitativos e información de mantenimiento tal como probabilidad de falla, tarifa de falla, y tarifa de reparación.

2.2.7.4.1 DIAGRAMA LÓGICO DE FTA

Los símbolos básicos usados en un diagrama lógico de FTA son llamados puertas lógicas y son similares a los símbolos usados por diseñadores de circuitos electrónicos (ver tabla 1).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 1. Símbolos utilizados para la representación del árbol de falla. (Siafa, 2003)

SÍMBOLOS	SIGNIFICADO DEL SÍMBOLO
	SUCESO BÁSICO. No requiere de posterior desarrollo al considerarse un suceso de fallo básico.
	SUCESO NO DESARROLLADO. No puede ser considerado como básico, pero sus causas no se desarrollan, sea por falta de información o por su poco interés.
	SUCESO INTERMEDIO. Resultante de la combinación de sucesos más elementales por medio de puertas lógicas. Asimismo se representa en un rectángulo el "suceso no deseado" del que parte todo el árbol.
	PUERTA "Y"  El suceso de salida (S) ocurrirá si, y sólo si ocurren todos los sucesos de entrada (E1 B1).
	PUERTA "O"  El suceso de salida (S) ocurrirá si ocurren uno o más de los sucesos de entrada (E1 B1).
	SÍMBOLO DE TRANSFERENCIA. Indica que el árbol sigue en otro lugar.
	PUERTA "Y" PRIORITARIA. El suceso de salida ocurrirá si, y sólo si todas las entradas ocurren en una secuencia determinada, que normalmente se especifica en una elipse dibujada a la derecha de la puerta.
	PUERTA "O" EXCLUSIVA. El suceso de salida ocurrirá si lo hace una de las entradas, pero no dos o más de ellas.
	PUERTA DE INHIBICIÓN. La salida ocurrirá si, y sólo si lo hace su entrada y además se satisface una condición dada (X).

Quando haga un FTA, sistemáticamente determine que pasa al sistema cuando el status de una parte u otro factor cambian. En algunas aplicaciones, el criterio mínimo para éxito es el que una falla individual puede causar daño o una pérdida de control no detectada en el proceso. En otros, donde riesgos extremos existen o cuando productos de alto valor son procesados, el criterio puede ser incrementado para requerir tolerancia de fallas múltiples. (Aguilar, 2010).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.2.7.4.2 CONSTRUCCIÓN DEL ÁRBOL DE FALLA

- Defina la condición de falla y escriba la falla más nociva.
- Utilizando información técnica y juicios profesionales, determine las posibles razones por las cuales ocurre la falla. Recuerde, estos son elementos de nivel segundo porque se encuentran debajo del nivel más alto en el árbol.
- Continué detallando cada elemento con puertas adicionales a niveles más bajos. Considere la relación entre los elementos para ayudarle a decidir si utiliza una puerta 'y' o una 'o' lógica.
- Finalice y repase el diagrama completo. La cadena solo puede terminar en un fallo básico: humano, equipo electrónico (hardware) o programa de computación (software).
- Si es posible, evalúe la probabilidad de cada ocurrencia o cada elemento de nivel bajo y calcule la probabilidad estadística desde abajo para arriba. (Silva, 2010)

2.2.7.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE APLICAR RCM

El análisis de una instalación, basándose en la metodología de RCM y la aplicación práctica de las medidas preventivas y paliativas que emanan de este riguroso estudio, presenta una serie de ventajas dependiendo el compromiso y el especial cuidado que se tenga a la hora de realizarlo de esto depende su éxito. A continuación, presentare las principales ventajas obtenidas bajo este método.

A nivel de planta se logra una mejoría a nivel de seguridad, es decir, en la prevención de los riesgos derivados del trabajo. Al lograr identificar, categorizar y tratar de evitar todos los fallos potenciales de la instalación se logra que sus instalaciones sean más seguras disminuyendo la accidentalidad dentro de la compañía.

La segunda ventaja es la mejora en los datos de producción. Gracias a este método al certificar la disponibilidad de nuestros equipos podremos obtener una mayor y mejor producción y también evitándonos un mayor costo económico en mantenimientos no necesarios ya que el hecho de revisar, desmontar o cambiar piezas más a menudo de lo necesario no solo no contribuye a mejorar los resultados de fiabilidad y a disminuir los fallos en los equipos, sino que, por el contrario, inducen fallos en éstos que antes no tenían.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Otra de las indudables ventajas de la aplicación de RCM es la mejora que se produce en el conocimiento de las instalaciones. Ya que se conoce detalladamente cada uno de los sistemas y subsistema de nuestra compañía logramos obtener un mejor conocimiento del funcionamiento de este y como valor agregado tendremos técnicos más capacitados a la hora de abordar una avería generando una disminución de la dependencia de los fabricantes. (Palencia, 2006)

- **Inconvenientes del RCM**

El primero de los inconvenientes tiene relación con la profundidad técnica del análisis a realizar: no puede ser llevado a cabo por cualquier técnico, sino que necesariamente ha de ser realizado por profesionales con mucha experiencia en mantenimiento de instalaciones industriales, porque solo ellos conocen en profundidad los problemas de las instalaciones. El número de este tipo de profesionales es, actualmente, pequeño.

El segundo de los inconvenientes está relacionado con el tiempo que se requiere para llevarlo a cabo. Un estudio de esta profundidad requiere tiempo y dedicación. Como simple referencia, un equipo de tres ingenieros con dedicación exclusiva puede tardar más de diez meses en completar un plan de mantenimiento basado en RCM de una planta industrial completa, cuando por otras técnicas apenas se realiza en dos.

El tercer gran inconveniente es el costo. Mucho tiempo de dedicación de profesionales caros y escasos no puede ser nunca barato. Que no sea barato no quiere decir que no sea rentable, ya que la inversión se recupera rápidamente en forma de aumento de producción y disminución del costo de mantenimiento, pero es necesario realizar una inversión inicial en tiempo de recursos valiosos. (Moubray, 2014)

2.3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN PARA MANTENIMIENTO

Un sistema de información está comprendido por un conjunto de elementos que interactúan entre sí con el fin de apoyar las actividades de una empresa o negocio, suelen estar conformados por una parte computacional el cual consta de un hardware necesario para el funcionamiento del sistema de información y con una parte humana que es la encargada de interactuar con el sistema de información. Se encuentran dos tipos de interacciones con el sistema uno el cual es la interacción de los sistemas de Información para la Dirección (SID) y el otro el cual es la del Sistemas de Información Operativa (SIO). (Duardo, 2007)

Existen varios tipos de Sistemas de Información, desde el punto de vista administrativo los cuales son:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **Sistema de procesamiento de transacciones (TPS):** se utilizan para realizar un seguimiento de las actividades y operaciones básicas de una compañía principalmente recolectan, almacenan, modifican y recuperan la información generada.
- **Sistemas de conocimiento (KWS):** se utilizan para el mejoramiento de la calidad de los servicios de la organización incrementando la productividad de los usuarios de este sistema aportando en la creación de nuevos conocimientos
- **Sistemas de Automatización de Oficina (OAS):** son las aplicaciones destinadas a ayudar al trabajo diario del área administrativa, forman parte de este tipo de software los procesadores de textos, las hojas de cálculo, los editores de presentaciones.
- **Sistemas de Información Gerencial (MIS):** son utilizados por los administradores en la toma de decisiones. Tratan y comparan resultados relevantes para la compañía, entregando información útil para el planteamiento, control y toma de decisiones.
- **Sistemas de Apoyo a la Toma de Decisiones (DSS):** herramienta para realizar el análisis de las diferentes variables de un negocio con la finalidad de apoyar el proceso de toma de decisiones. Este cuenta con la capacidad de análisis multidimensional permitiendo profundizar en la información hasta llegar a un alto nivel de detalle, realizar proyecciones, análisis de tendencias y un análisis prospectivo.
- **Sistemas de Soporte Gerencial (SSG):** están basados en los resultados estratégicos a largo plazo de la compañía, son útiles para poder hacer frente a los impactos producidos por cambios en los negocios. Trabajan con información interna y externa a la organización y están diseñados para abordar la toma de decisiones que requieren juicio, evaluación y comprensión.
- **Sistemas Expertos (SE):** es una aplicación informática capaz de solucionar un conjunto de problemas que exigen un gran conocimiento sobre un determinado tema. buscando una mejor calidad y rapidez en las respuestas dando así lugar a una mejora de la productividad.
- **Los Sistemas de Planificación de Recursos Empresariales (ERP):** son sistemas que integran y manejan todo lo asociado con las operaciones de producción y aspectos de distribución y que son necesarios para el funcionamiento de los procesos de

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

negocio permitiendo la disponibilidad de toda la información para todo el mundo.
(Cardemil, 2011)

2.4. MÉTODO DE CODIFICACIÓN DE EQUIPOS

La codificación de los equipos es fundamental a la hora de implementar cualquier método de mantenimiento ya que es un importante punto de partida para la eliminación de muchos errores dentro del proceso.

En el medio encontramos muchas metodologías a la hora de realizar la codificación, pero en todos estos métodos siempre está presente la necesidad de que responda a las características del equipo o sistema. Otro elemento importante es que este código debe estar en un lugar visible de la máquina, y que todas las personas involucradas en este proceso deben identificar este código plenamente y las operaciones que se realicen en estos equipos siempre sean referidas al código.

Cuando tengamos todos los equipos debidamente codificados empezaremos a notar grandes beneficios como una mayor organización de los trabajos, un control mejor de las acciones y los recursos, pero su principal ventaja está dada en la organización de los recursos según el histórico, ya que, a pesar de los inconvenientes a lo largo de la historia de un equipo, las acciones, las reparaciones y los recursos que intervinieron en su mantenimiento, quedan almacenados en soportes informáticos o en su respectivo expediente técnico. (Yusxy Pantojo, 2017)

2.4.1. SISTEMA DE 8 DÍGITOS

Este sistema es basado en la combinación de números y letras dándonos cuatro dígitos alfabéticos y cuatro numéricos uniendo de a dos en dos.

- Con los dos primeros dígitos (00) determinamos el área de la fábrica donde se encuentra el equipo.
- Con las dos letras (AA) indicamos el tipo de equipo a codificar, por ejemplo, M_: en este caso hablamos de motores, indicando con la segunda letra un tipo más específico, MB como motor de bomba.
- Con los dos siguientes números (11) indicaríamos el grupo o sección dentro de una misma línea de producción.
- Con los dos últimos números (22) indicaríamos la posición de los equipos dentro de la sección. En caso de necesitar más números, debido a una cantidad superior de equipos o a

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

una reforma en la que se introdujeran nuevos equipos, podríamos llegar a utilizar la solución de añadir decimales.

Una empresa puede tener una o varias plantas de producción, cada una de las cuales puede estar dividida en diferentes zonas o áreas funcionales. Estas áreas pueden tener en común la similitud de sus equipos, una línea de producto determinada o una función. Cada una de estas áreas estará formada por un conjunto de equipos, iguales o diferentes, que tienen una entidad propia. Cada equipo, a su vez, está dividido en una serie de sistemas funcionales, que se ocupan de una misión dentro de él. Los sistemas a su vez se descomponen en elementos (el motor de una bomba de lubricación será un elemento). Los componentes son partes más pequeñas de los elementos, y son las partes que habitualmente se sustituyen en una reparación, definamos en primer lugar qué entendemos por cada uno de estos términos. (Castro, 2006)

- **Planta:** lugar donde se encuentra el área de producción.
- **Área:** Zona de la planta que tiene una característica común.
- **Equipo:** Cada una de las unidades productivas que componen el área.
- **Sistema:** Conjunto de elementos que tienen una función común dentro de un equipo.
- **Elemento:** cada una de las partes que integran un sistema. Es importante diferenciar elemento y equipo. Un equipo puede estar conectado o dar servicio a más de un equipo. Un elemento, en cambio, solo puede pertenecer a un equipo.
- **Componentes:** partes en que puede subdividirse un elemento.
(Real Academia Española, 2016)

2.5. FORMATOS DE MANTENIMIENTO

En su mayoría nos ayudan a recolectar la información necesaria para alimentar nuestro software y tener una mejor claridad de las condiciones de nuestros equipos, inventarios de repuestos información centralizada del equipo en la actualidad existen varios tipos de formatos, pero los más utilizados son.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.5.1 LISTA DE CHEQUEO

La lista de chequeo al igual que la codificación de equipos es uno de los mecanismos pertenecientes a la gestión del mantenimiento y su función básica es la de detectar condiciones peligrosas que pueden generar accidentes.

Es de vital importancia entender que es una lista de chequeo y cuál es su aplicabilidad. Existen muchos formatos de listas de chequeo para diversas actividades o equipos sin que esto nos quiera decir que podemos tomar una de ellas y aplicarla a nuestros equipos, nos podemos basar en el modelo, pero cada lista de chequeo debe ser única. A continuación daré un paso a paso de cómo elaborar una lista de chequeo. (Mancera, 2009)

- Se debe definir quién es la persona idónea para su elaboración y cuál es la finalidad de la lista de chequeo, se debe definir una única actividad o un único equipo. No se aconseja que la lista sea superior a 12 ítems. Una vez definido esto, podemos buscar modelos, analizarlos y escoger el que más nos convenga o hacer un híbrido de estos según el caso.
- Observar el proceso, actividad o equipo en su normal desempeño e ir detectando y registrando los peligros que se van presentando. Es importante hacer estas verificaciones en varias condiciones operacionales.
- Determine qué atributos (lo cualitativo) y variables (lo cuantitativo) de cada actividad se deben verificar. Indague a las personas que realizan la actividad, cuáles son las fallas más frecuentes que se les presentan.
- Determine la importancia o impacto de cada atributo y variable en el resultado final. Califique la importancia de 1 a 5.
- Solo aplique la supervisión a las variables o atributos con calificación 4 y 5.
- Defina la frecuencia de verificación: Mensual, Quincenal, Semanal, Diaria. Y la hora en que se realizará la verificación.
- Defina quien realizará la verificación. Si es un proceso largo, trate de distribuir las responsabilidades de verificación entre todas las personas que participan, de tal manera que se enfoquen en unos pocos atributos o variables a controlar. Así es más fácil realizar la verificación.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Diseñe el formato de verificación. Dependiendo del volumen de información recopilada se pueden requerir formatos individuales para cada frecuencia de verificación.
- Tenga en cuenta que la lista de chequeo la debe aplicar quién realice las actividades de operación o inspección del equipo.

2.5.2 FORMATO DE HOJA DE VIDA

La hoja de vida es el documento por el cual podemos llegar a identificar un equipo. Dentro de este documento se encuentra todas las características generales de un equipo como una cédula identifica a un ciudadano. En ella se registra la información básica y relevante del equipo como modelo, datos del fabricante e información de mantenimientos tanto preventivos como correctivos que se han realizado a dichos equipos durante su vida útil.

Esto ayuda a garantizar una correcta realización del inventario de los equipos, ayudándonos a facilitar el manejo de estos mismos, así como su mantenimiento. Por lo general toda hoja de vida de equipos debe de contar con la siguiente información, para llevar un óptimo control. (Spi, 2009)

- Nombre del equipo, marca y serie.
- Fecha de recepción del equipo y condiciones del funcionamiento de dicho equipo.
- Componentes del equipo.
- Usos del equipo.
- Duración de las garantías.
- Precauciones en su utilización.
- Fechas de limpieza, inspección visual y reemplazo de piezas defectuosas.
- Fechas de cambio de aceites y combustibles.
- Personas responsables del mantenimiento y operación del equipo.
- Observaciones generales

2.5.3. FORMATO DE FICHA TÉCNICA

Este documento se resume los funcionamientos y características de un equipo o sistema. Por lo general dentro de ella encontramos el nombre del equipo, el serial de fábrica que tenga el equipo, sus características físicas, funcionamientos en general y las especificaciones técnicas. (SENA, 2014)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.5.4. FORMATO DE SOLICITUD DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO

Este documento es el que nos sirve para realizar una solicitud de mantenimiento por escrito cuando el equipo o sistema lo requiere. Esta solicitud va dirigida a un profesional, empresa especializada, técnico especializado, o en algunos casos a un departamento dentro de la organización.

Estas solicitudes se redactan explicando que requiere el equipo a ser intervenido especificando el tipo de aparato, maquinaria, instalación, u objeto al cual se le debe de dar mantenimiento. Así como el tipo de mantenimiento que se solicita, ya sea un mantenimiento preventivo, o un correctivo. En ella encontramos datos tales como la fecha actual, el área en la que se solicite el servicio, Explicación del Tipo de mantenimiento requerido y la firma del solicitante. (SENA, 2014)

2.5.5. FORMATO ORDEN DE TRABAJO

Las Ordenes de Trabajo son diseñadas según las necesidades de cada compañía según las actividad, organización, cantidad y tipos de mano de obra y equipos que posean. Sin embargo, existe una serie de datos que son genéricos independiente del tipo de actividad que desempeñe la compañía y son: el número consecutivo, el tipo de la actividad de mantenimiento a realizar, la prioridad, los registros de historial, si la intervención perjudica la producción, el período de inactividad del equipo y la duración del mantenimiento, su prioridad, falla o el defecto reportado, los recursos humanos y materiales necesarios para el desarrollo de la actividad.(SENA, 2014)

2.5.6. FORMATO DE INFORME DE MANTENIMIENTO

Este documento es el que nos sirve para cuando se ha culminado la actividad requerida en el equipo. En este se consigna toda la información de la actividad desarrollada; por lo general cuenta con un número serial, nombre del equipo, serial del equipo que tipo de mantenimiento se le realizó una columna para que el técnico elabore una descripción de la actividad desarrollada, que tipo de materiales fueron utilizados para ejecutar la labor y cuánto tiempo tomo la ejecución, el nombre de quien la ejecuto y el responsable de verificar las condiciones finales del equipo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.6. MÉTODO DE CLASIFICACIÓN DE FALLAS

El método de clasificación de fallas se basa en la selección de una estrategia bajo el conocimiento de los efectos que pueden causarla. La falla se presenta cuando una parte del equipo queda completamente inservible o a pesar de que funciona no cumple su función satisfactoriamente. Generalmente una falla es el resultado de uno o más de los factores expuestos a continuación. (Park, 2012)

- Mal diseño y mala selección del material.
- Imperfecciones del material, del proceso y/o de su fabricación.
- Errores en el servicio y en el montaje.
- Errores en el control de Calidad, mantenimiento y reparación.
- Factores ambientales y sobrecargas.
- Insuficientes criterios de diseño por no tener la información sobre los tipos y magnitudes de las cargas especialmente en piezas complejas (No se conocen los esfuerzos a los que están sometidos los elementos).
- Cambios al diseño sin tener en cuenta los factores elevadores de los esfuerzos.

Deficiencias en la selección del material:

- Datos poco exactos del material (ensayo de tensión y dureza).
- Empleo de criterios erróneos en la selección del material.
- Darle mayor importancia al costo del material que a su calidad.

Imperfecciones en el Material:

- Segregaciones, porosidades, incrustaciones y grietas (generadas en el proceso del material) que pueden conducir a la falla del material.

Deficiencias en el Proceso:

- Marcas de maquinado con grietas que conducen a la falla.
- Esfuerzos residuales causados en el proceso de deformación en frío o en el tratamiento térmico que no se hacen bajo las normas establecidas (Temperatura, Tiempo, Medio de enfriamiento y Velocidad).
- Recubrimientos inadecuados.
- Soldaduras y/o reparaciones inadecuadas. (Park, 2012)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.6.1. CURVA DE LA BAÑERA

La curva de la bañera es una gráfica que representa las fallas durante el período de vida útil de un sistema o máquina. Se llama así porque tiene la forma de una bañera. En ella se pueden apreciar tres etapas. (Ver figura 2)

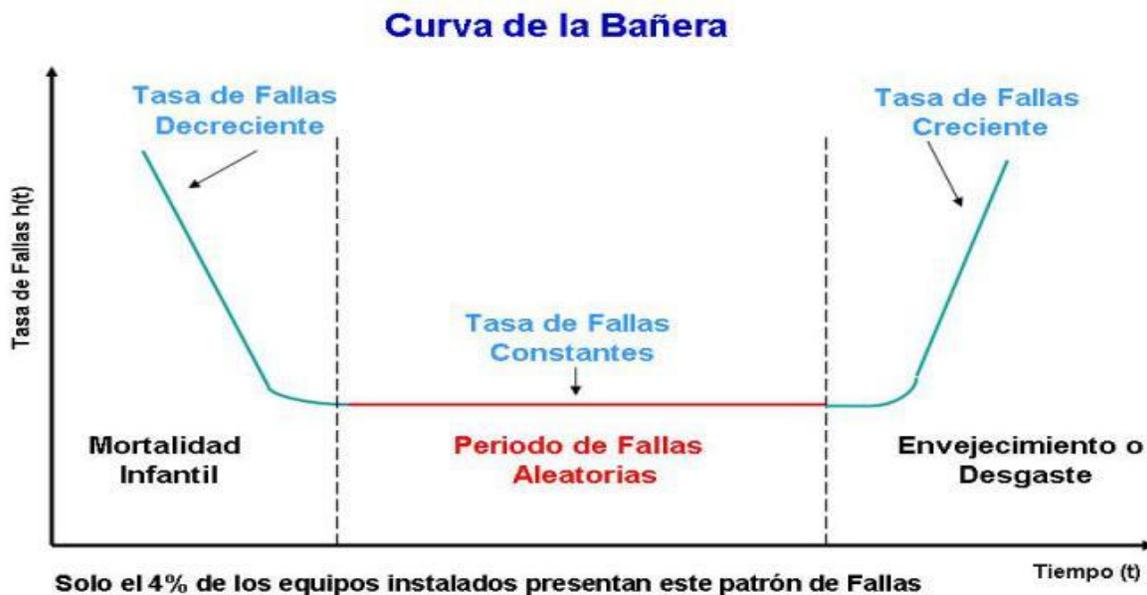


Figura 2. Curva de la bañera. (Castellanos, 2009).

- **Fallas iniciales:** en esta etapa se presenta una elevada tasa de fallas que descienden con el tiempo. Estos se deben a diferentes motivos como equipos defectuosos, instalaciones incorrectas, errores de diseño del equipo, desconocimiento del equipo por parte de los operarios o desconocimiento del procedimiento adecuado.
- **Fallas normales:** en esta etapa se presenta una tasa de errores menores y constantes. Las fallas se producen por causas aleatorias externas. Estas causas pueden ser accidentes fortuitos, mala operación o condiciones inadecuadas.
- **Fallas de desgaste:** etapa caracterizada por una tasa de errores rápidamente creciente. Los fallos se producen por desgaste natural del equipo debido al transcurso del tiempo.

El análisis de falla es un examen sistemático de la pieza dañada para determinar la causa raíz de la falla y usar esta información para mejorar la confiabilidad del producto. El análisis de falla está diseñado para (Castellanos, 2009):

- Identificar los modos de falla (la forma de fallar del producto o pieza).
- Identificar el mecanismo de falla (el fenómeno físico involucrado en la falla).
- Determinar la causa raíz (el diseño, defecto, o cargas que llevaron a la falla)
- Recomendar métodos de prevención de la falla.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.6.2. TÉCNICA DE LOS CINCO (5) PORQUÉS

La técnica de los cinco (5) Porqués es un método basado en realizar preguntas para explorar las relaciones de causa-efecto que generan un problema en particular. El objetivo final de los cinco (5) Porqués es determinar la causa raíz de un defecto o problema. Esta técnica se utilizó por primera vez en la empresa de fabricación de automóviles Toyota durante la evolución de sus metodologías de fabricación, que luego culminarían en el Toyota Production System (TPS). Esta técnica se usa actualmente en muchos ámbitos. (Seta, 2008)

2.6.3. DIAGRAMA DE ISHIKAWA O CAUSA-EFECTO

Conocido también como causa-efecto o diagrama de espina de pez, es una de las formas que encontramos a la hora de organizar y representar las diferentes causas expuestas ante un problema, este nos permite representar gráficamente el conjunto de causas que dan lugar a una consecuencia.

Uno de los errores más comunes es construir el diagrama antes de analizar globalmente los síntomas, limitar las teorías propuestas enmascarando involuntariamente la causa raíz o cometer errores tanto en la relación causal como en el orden de las teorías, suponiendo una pérdida de tiempo importante.

Primero se debe concretar cuál va a ser el problema o “efecto” a solucionar, se dibuja una flecha y se pone el tema a tratar al final de la misma; luego se identifican las causas principales a través de flechas secundarias, se pueden establecer categorías dependiendo de cada problema; procedemos a identificar las causas secundarias a través de flechas que terminan en las flechas secundarias, esto se puede realizar mediante un análisis de cada parámetro, escribiendo cada causa de forma concisa, se puede hacer una asignación de la importancia de cada factor y por último se usan cinco (5) categorías para definir el esquema de Ishikawa: materiales, equipos, métodos de trabajo, mano de obra y medio ambiente; conocidas como las 5M’s. (Ishikawa, 1943)

Se puede establecer una relevancia de las causas principales para tratar unas antes que otras, además se puede añadir cualquier otra información que sea de utilidad para el proceso y ayude a la resolución del problema. (Ver figura 3)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

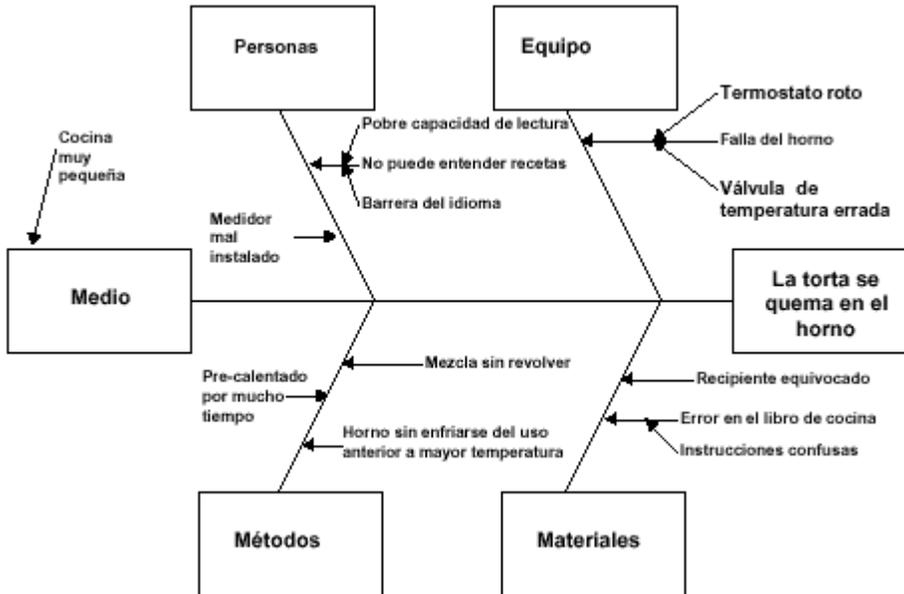


Figura 3. Ejemplo del diagrama de causa y efecto (Federación Latinoamericana Para la Calidad, 2003)

2.7 EL COMPORTAMIENTO DE LAS FALLAS A TRAVÉS DEL TIEMPO

Las causas de falla son varias para un mismo componente y en cada caso la estrategia de manejo de la causa de falla es diferente y por lo tanto es común que para un mismo elemento encontremos tareas predictivas, preventivas y correctivas.

Uno de los aportes de RCM es el que cada falla tiene una manera diferente de ocurrir a través del tiempo y ese comportamiento define como posiblemente se presenta y por ende ayuda a definir la estrategia más apropiada. Esto se puede resumir en que, de acuerdo a la manera como el elemento falla, se debe tener una estrategia adecuada, aplicable y justificada. Ya que la idea era que todo fallaba a medida que envejecía, los estudios hechos en la aviación civil encontraron seis patrones diferentes de fallas para los componentes de los aviones. Estos patrones fueron identificados con las letras de la A, a la F, y fueron graficados dándole una relación de la edad con la probabilidad condicional de falla. (Fibertel, 2007)

- El modelo A es conocido como curva de la bañera. Comienza con una probabilidad de falla alta (conocida como mortalidad infantil) seguida por una frecuencia de falla que aumenta gradualmente o que es constante, y luego por una zona de desgaste. (ver figura 4)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

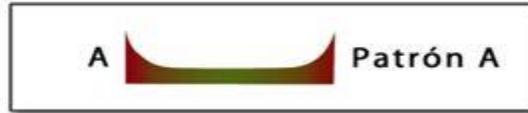


Figura 4. Patrón de falla A (Reliabilityweb, 2017)

- El modelo B muestra una probabilidad de falla constante o ligeramente ascendente, y termina en una zona de desgaste. Es conocido como “el punto de vista tradicional”; pocas fallas aleatorias terminando en una zona de desgaste. (ver figura 5)

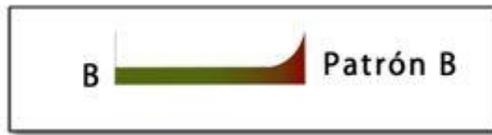


Figura 5. Patrón de falla B (Reliabilityweb, 2017)

- El modelo C muestra una probabilidad de falla ligeramente ascendente, pero no hay una edad de desgaste definida que sea identificable, en orden de trabajos, hay un incremento constante en la probabilidad de falla. (ver figura 6)

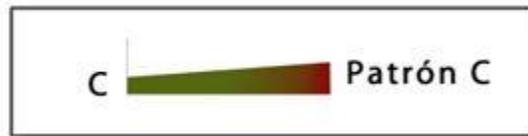


Figura 6. Patrón de falla C (Reliabilityweb, 2017)

- El modelo D muestra una probabilidad de falla baja cuando el componente es nuevo o se acaba de instalar, seguido de aumento rápido a un nivel constante. (ver figura 7)



Figura 7. Patrón de falla D (Reliabilityweb, 2017)

- El modelo E muestra una probabilidad constante de falla en todas las edades (falla aleatoria), es decir, no existe ninguna relación entre la edad de los equipos y la probabilidad de que fallen. (Ver figura 8)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 8. Patrón de falla E (Reliabilityweb, 2017)

- El modelo F comienza con una mortalidad infantil muy alta, que desciende finalmente hasta un comportamiento aleatorio de la probabilidad de fallas. (ver figura 9)



Figura 9. Patrón de falla F (Reliabilityweb, 2017)

2.8 TORRE GRÚA

Es un equipo de elevación de funcionamiento discontinuo, destinado a elevar y distribuir las cargas mediante un gancho suspendido de un cable de acero, desplazándose por un carro a lo largo de una pluma o brazo del equipo.

La grúa es orientable y su soporte giratorio se monta sobre la parte superior de una torre vertical, cuya parte inferior se une a la base de la grúa. La torre grúa suele ser de instalación temporal, y está diseñada para realizar frecuentes montajes y desmontajes, así como traslados entre distintas locaciones. Su funcionamiento principal es en las obras de construcción.

Está constituida esencialmente por una torre metálica, con un brazo horizontal giratorio, los motores de orientación, elevación y distribución de la carga. La torre de la grúa puede empotrarse en el suelo, inmovilizada sin ruedas o bien desplazarse sobre vías rectas o curvas. (Construequipos, 2017)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.8.1 PARTES DE LA TORRE GRÚA

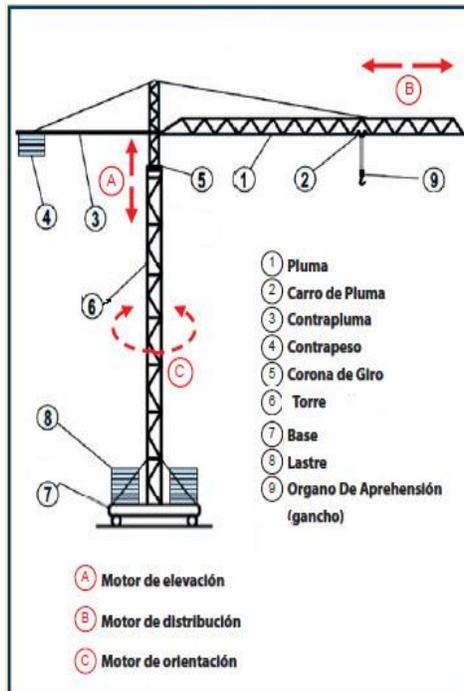


Figura 10. Representación gráfica de una torre grúa. (Arequipa, 2016)

- **Pluma**

Es una estructura de celosía metálica de sección normalmente triangular, cuya principal misión es dotar a la grúa del radio o alcance necesario. Su forma y dimensión varía según las características necesarias de peso y longitud. También se le suele llamar flecha o brazo. Al igual que el mástil suele tener una estructura modular para facilitar su transporte.

- **Carro**

Consiste en un coche que se mueve a lo largo de la pluma a través de unos carriles. Este movimiento da la maniobrabilidad necesaria en la grúa. Es metálico, de forma que soporte el peso a levantar.

- **Contra pluma**

La longitud de la contra pluma oscila entre el 30 y el 35 % de la longitud de la pluma. Al final de la contra pluma se colocan los contrapesos. Está unida al mástil en la zona opuesta a la unión con la pluma. Está formada por una base robusta conformada por varios perfiles metálicos, quedando como una especie de pasarela para facilitar el paso del personal desde el mástil hasta los contrapesos. Las secciones de los perfiles dependerán de los contrapesos que se van a colocar.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **Lastres y contrapesos**

Son estructuras de hormigón prefabricado que se colocan para estabilizar el peso y la inercia que se produce en la pluma y en la base de la torre grúa. Su función es la de darle estabilidad a la grúa tanto en reposo como en funcionamiento.

- **Corona de giro**

La corona está compuesta por una tornamesa y una base de giro la cual cuenta con un piñón dentado al su alrededor. Esta es la que permite que la torre grúa pueda realizar desplazamientos de 360° sobre su eje. (Zoomlion , 2016)

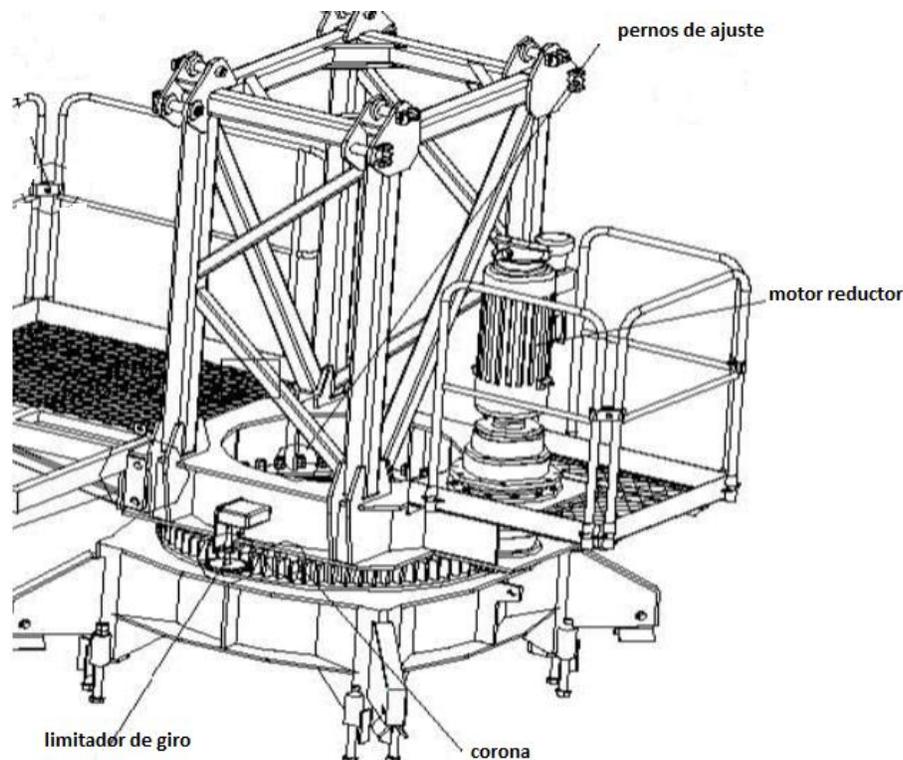


Figura 11, corona torre grúa zoomlion tc 5010-4. (Zoomlion , 2016)

- **Mástil**

Consiste en una estructura de metálica de sección normalmente cuadrada, cuya principal misión es dotar a la grúa de altura. Normalmente está formada por módulos de celosía que facilitan el transporte de la grúa. Para el montaje se unirán estos módulos, mediante bulones de acero, llegando todos a la altura establecida. Su forma y dimensión varía según las características necesarias de peso y altura, cabe destacar que una de las torres del equipo es de longitud tres veces superior siendo esta la torre principal para instalar.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la parte superior del mástil se sitúa la zona giratoria que aporta a la grúa un movimiento de 360° horizontales. También según el modelo puede disponer de una cabina para su manejo por parte de un operario. Para el acceso de operarios dispondrá de una escala metálica fijada a la estructura.

- **Cables y gancho**

El cable de elevación es una de las partes más delicadas de la grúa y, para que tenga un rendimiento adecuado, es preciso que sea usado y mantenido correctamente. Debe estar perfectamente tensado y se hará un seguimiento periódico para que, durante su enrollamiento en el tambor no se entrecruce, ya que daría lugar a aplastamientos.

El gancho irá provisto de un dispositivo que permite la fácil entrada de cables de las eslingas y estrobo, y de forma automática los retenga impidiendo su salida si no se actúa manualmente. (Zoomlion , 2016)

- **Motores**

La grúa más genérica está formada por tres motores eléctricos:

Motor de elevación: permite el movimiento vertical de la carga.

Motor de distribución: da el movimiento del carro a lo largo de la pluma.

Motor de orientación: permite el giro de 360°, en el plano horizontal, de la estructura superior de la grúa. (Zoomlion , 2016)

2.8.2 ELEVADOR DE CARGA

Es un equipo de transporte vertical, diseñado para mover personas u objetos entre los diferentes niveles de un edificio o estructura consta de 3 partes principales que son un mástil, una cabina con sus motores de traslación, una base principal. Suele ser de instalación temporal, y está diseñada para realizar frecuentes montajes y desmontajes, así como traslados entre distintas locaciones. (Zoomlion, 2016)

2.8.3. PARTES DEL ELEVADOR DE CARGA

- **Mástil**

Consiste en una estructura metálica de sección normalmente cuadrada, cuya principal misión es dotar de altura. Normalmente está formada por módulos de celosía que facilitan el transporte. Para el montaje se unirán estos módulos, mediante tornillos, llegando todos a la altura establecida. Su forma y dimensión varía según las características necesarias de peso y altura, también está dotada de una cremallera metálica. (Zoomlion, 2016)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **Base inicial**

Consiste en una estructura metálica donde se acopla el mástil y va pernada a una base de concreto que se adecua a nivel del suelo, comúnmente conocida como “muerto”, para empotrar el chasis. Su función principal es la de estabilizar el equipo. (Zoomlion, 2016)

- **Cabina**

Es un cuarto cerrado donde se encuentra los mandos del equipo y donde viaja la carga y el personal. (Zoomlion, 2016)

- **Motores de traslación**

La mayoría de elevadores tienen dos motores eléctricos con sus respectivos sistemas de reducción que permiten el movimiento vertical de la carga. (Zoomlion, 2016)



Figura 12. Representación gráfica de un elevador de carga. (Zoomlion , 2016).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. METODOLOGÍA

Tomamos como base una lista de chequeo que se creó para analizar el estado actual de los equipos de la compañía tanto la grúa torre como el elevador. A continuación, expondremos los diferentes formatos propuestos para la gestión del mantenimiento. No se realizó una codificación de los equipos debido a que solo se tomaron en cuenta los más críticos.

3.1. PROPUESTA DE LISTA DE CHEQUEO

Luego de tener definida la finalidad para la cual era esta lista y dándonos un tiempo promedio de dos semanas para analizar los equipos, observar y dialogar con los operadores los principales riesgos a los que se encuentran expuestos y la frecuencia que los equipos están presentando problemas. Sé tomó la determinación que lo ideal es que se realice diariamente, dado la criticidad del equipo al inicio de la jornada laboral y la persona ideal para realizar dicha labor es el operador del equipo ya que es el directamente implicado en la función del equipo.

Tabla 2. Lista de chequeo elevador de carga

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO		Código	FDE 089
			Versión	03
			Fecha	2015-01-22

FECHA	Día		Mes		Año			
OBRA								
CODIGO O REFERENCIA DEL ELEVADOR								
Cualquier anomalía notificarla de inmediato al ingeniero residente o al director(a) de obra.								
GENERALIDADES (Marque con una X)						SI	NO	NA
	¿El equipo cuenta con polo a tierra?							
	¿La acometida principal está conectada a un totalizador de 100 amperios?							
	¿Los puntos de uniones entre estructuras están correctos?							
	¿El nivel de aceite de los reductores es el correcto?							
	¿El equipo no presenta sonidos extraños en su recorrido?							
	¿Los sistemas de seguridad están en buen estado?							
	¿El sistema de freno se encuentran en perfectas condiciones (no desliza)?							
	¿El sistema de arrojamiento cumple lo definido por la organización?							
OBSERVACIONES								
PERSONA QUE OPERA EL ELEVADOR DE CARGA								
Número de Cedula	Nombres y Apellidos				Firma			

Tabla 3. Lista de chequeo torre grúa

FECHA	Día		Mes		Año			
OBRA								
CODIGO O REFERENCIA DE LA TORRE GRUA								
Cualquier anomalía notificarla de inmediato al ingeniero residente o al director(a) de obra.								
GENERALIDADES (Marque con una X)						SI	NO	NA
	¿El equipo cuenta con polo a tierra?							
	¿La acometida principal está conectada a un totalizador de 150 amperios?							
	¿Los puntos de uniones entre estructuras están correctos?							
	¿El funcionamiento de los sistemas (elevación - giro - traslación - carro) está en buenas condiciones?							
	¿Las cargas izadas no superan el límite de cargas máximas en punta definidas en el diagrama de cargas soportadas en el plan de izaje?							
	¿Los controles funcionan correctamente, sin que se presenten sacudidas en el transporte de la carga?							
	¿La velocidad del viento no supera el límite permitido de 72 Km/h medidos por el anemómetro?							
	¿El sistema de freno de carga se encuentran en perfectas condiciones (no desliza)?							
	¿Los cables de acero (carro y de izaje) se encuentran en buen estado?							
	¿El nivel de aceite de las motos reductoras y el guinche se encuentran en su punto correcto?							
	¿Las poleas y los rodamientos se encuentran lubricadas y en buen estado de funcionamiento?							
	¿El sistema de arrojamiento cumple lo definido por la organización?							
	¿Los pasadores se encuentran ajustados en toda la estructura?							

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

OBSERVACIONES		
PERSONA QUE OPERA LA TORRE GRUA		
Número de Cedula	Nombres y Apellidos	Firma

3.1.1. PROPUESTA DE HOJA DE VIDA

Tomando en cuenta la información en la metodología para la creación de una hoja de vida se propone este formato para soportar la información de los equipos críticos de la compañía.

Tabla 4. Propuesta hoja de vida

IMAGEN	FORMATO DE HOJA DE VIDA DE EQUIPOS		VERSION: 01
	NOMBRE DEL EQUIPO:	<input type="text"/>	UBICACIÓN:
MARCA:	<input type="text"/>		
SERIE	<input type="text"/>	MODELO:	<input type="text"/>
ACCESORIOS			
	TIPO	MODELO	SERIE
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
FABRICANTE:	<input type="text"/>	PAIS:	<input type="text"/>
		TELEFONO:	<input type="text"/>
DISTRIBUIDOR:	<input type="text"/>	CIUDAD:	<input type="text"/>
		TELEFONO:	<input type="text"/>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

AÑO DE FABRICACIÓN:	<input type="text"/>	VALOR:	<input type="text"/>	GARANTIA:	<input type="text"/>
FECHA DE COMPRA:	<input type="text"/>	INSTALACIÓN:	<input type="text"/>	INICIO OPERACIÓN:	<input type="text"/>
TIPO DE ADQUISICIÓN	TIPO DE MANTENIMIENTO	FUENTES DE ALIMENTACIÓN	CLASIFICACIÓN POR USO		
COMPRA	<input type="checkbox"/> PREVENTIVO	<input type="checkbox"/> AGUA	<input type="checkbox"/>	MEDIO	<input type="checkbox"/>
LISING	<input type="checkbox"/> CORRECTIVO	<input type="checkbox"/> AIRE	<input type="checkbox"/>	BÁSICO	<input type="checkbox"/>
DONACIÓN	<input type="checkbox"/> PREDICTIVO	<input type="checkbox"/> GAS	<input type="checkbox"/>	APOYO	<input type="checkbox"/>
OTROS	<input type="text"/>	MANTENIMIENTO:	<input type="checkbox"/> VAPOR	EQUIPO	
	<input type="checkbox"/> PROPIO	<input type="checkbox"/> ELECTRICIDAD	<input type="checkbox"/>	FIJO	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> CONTRATADO	<input type="checkbox"/> OTROS	<input type="text"/>	MOVIL	<input type="checkbox"/>
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO		
VOLTAJE	<input type="text"/>	PRESIÓN (PSI)	<input type="text"/>	3 MESES	<input type="checkbox"/>
				6 MESES	<input type="checkbox"/>
AMPERAJE	<input type="text"/>	VEL. (RPM)	<input type="text"/>	4 MESES	<input type="checkbox"/>
				12 MESES	<input type="checkbox"/>
POTENCIA	<input type="text"/>	TEMP. (°C)	<input type="text"/>	MANUALES	
FRECUENCIA	<input type="text"/>	PESO (Kg)	<input type="text"/>	SERVICIO	<input type="checkbox"/>
				COMPONENTES	<input type="checkbox"/>
CAPACIDAD	<input type="text"/>	VIDA UTIL	<input type="text"/>	USUARIO	<input type="checkbox"/>
				DESPIECE	<input type="checkbox"/>
CARACTERÍSTICAS:					
RECOMENDACIONES DEL FABRICANTE:					

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.1.2. PROPUESTA DE FORMATO DE SOLICITUD DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO

Tomando en cuenta la información en la metodología para la creación de un formato de solicitud de servicio se propone este formato para soportar la información de los equipos críticos de la compañía.

Tabla 5. Propuesta solicitud de servicio

SOLICITUD DE SERVICIO			
SERIAL		FECHA	
NOMBRE DE QUIEN LO SOLICITA			
AREA QUE LO SOLICITA			
TIPO DE EQUIPO	MODELO	MARCA	OBSERVACIONES
FIRMA DE RECIBIDO			

3.1.3. PROPUESTA FORMATO ORDEN DE TRABAJO

Tomando en cuenta la información en la metodología para la creación de un formato de orden de trabajo se propone este formato para soportar la información de los equipos críticos de la compañía.

Tabla 6. Propuesta orden de trabajo

FORMATO ORDEN DE TRABAJO		
MANTENIMIENTO	INTERNO	EXTERNO
TIPO DE SERVICIO		
PERSONA QUE LO EJECUTA		
FECHA DE REALIZACION	DD/MM/AA	
TRABAJO REALIZADO		

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

VERIFICADO POR	
APROBADO POR	

3.1.4 PROPUESTA DE HERRAMIENTA INFORMÁTICA DE MANTENIMIENTO QUE PERMITA AGILIZAR Y DAR UN MEJOR MANEJO A LA INFORMACIÓN.

Se recomienda a la compañía adquirir el software RENOVEFREE ya que este cuenta con todas las características de la versión básica, más una serie de funcionalidades adicionales que resultan de utilidad cuando se pretende hacer un uso profesional del programa, para una instalación real y compleja. Estas opciones convierten a RENOVEFREE PRO en uno del software de mantenimiento más potente del mercado, y a la vez, en uno de los más económicos

- Opera en Windows.
- Funciona en red (intranet) en arquitectura cliente-servidor
- Los datos no residen en la red (la nube), sino en un servidor físico
- Permite imprimir las órdenes de trabajo
- Incluye más de 200 protocolos de mantenimiento, de los equipos más habituales en multitud de instalaciones y también cuenta con una versión la cual esta enfocada en llevar a cabo el proceso de implantación de RCM (Reliability Centred Maintenance, mantenimiento centrado en confiabilidad) de una forma eficaz y práctica. RCM3 permite aplicar de forma ordenada y metodológica cada una de las fases que componen un proceso RCM. RCM3 es acorde con la norma SAE JA 1011, que establece que tipos de metodologías pueden considerarse RCM a todos los efectos.

3.2. INFORMACIÓN TÉCNICA DE LAS TORRES GRÚAS

Tomaremos la torre grúa dividiéndolo en diferentes mecanismos y de cada uno determinaremos cada elemento que lo compone para así partir para un análisis de falla.

3.2.1. TORRE GRÚA ZOOMLION TC 5010-4

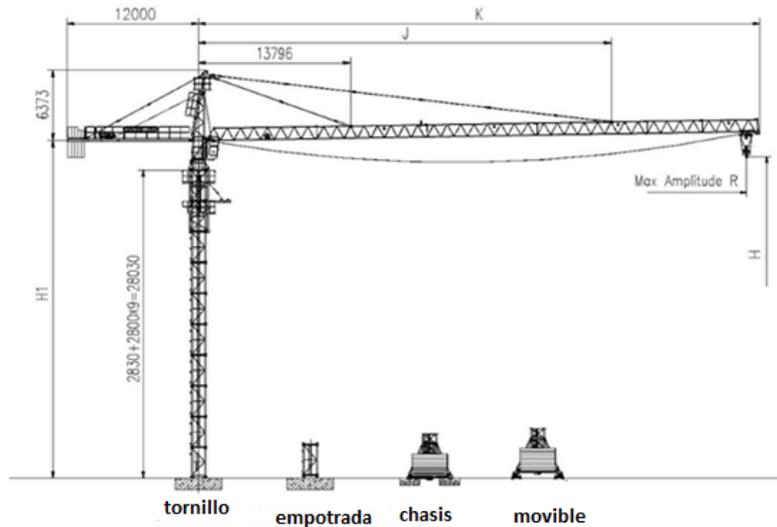
Se compone de 4 mecanismos fundamentales los cuales son la estructura o chasis, el mecanismo de translación, elevación y el de giro. Cada uno estos cuentan con una parte mecánica y una eléctrica a continuación podremos observar las especificaciones técnicas generales del equipo. (Ver tabla 8).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 8. Parámetros generales, torre grúa tc 5010-4. (Zoomlion , 2016)

Momento de elevación (kN.m)	630					
Momento máximo de elevación	788					
radio de trabajo (m)	de 2.5 hasta 50					
capacidad máxima de elevación (t)	4					
mecanismo de elevación	modelo	qs465				
	potencia (kw)	15/15/4				
carrito	velocidad (m/min)	40/20				
	potencia (kw)	2.4/1.5				
Giro	velocidad (rpm)	de 0 a 0.6				
	par de paro (N.m)	3.7				
mecanismo de escalada	velocidad (m/min)	0.46				
	potencia (kw)	5.5				
	presión de trabajo (MPa)	25				
mostrador de peso	radio máximo de trabajo	50	45	40	35	30
	contador de peso (t)	9.25	8.5	7.85	6.35	5.7
potencia total	21.1 excluido durante la elevación del mecanismo					
temperatura admisible de servicio °C)	de -20 a 40					
Diseño de la velocidad del viento en la parte superior de la grúa	instalación					14
	en servicio					20
	fuera de servicio	altura	de 0 a 20			36
			de 20 a 100			42
superior 100			46			

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



radio de giro	J (mm)	K (mm)	H1 (mm)			H (mm)		
			tornillo	Chassis	movible	tornillo	Chassis	movible
50m	37475	51000	30710	31260	32060	29300	29580	30380
45m	37475	46000	30710	31260	32060	29300	29580	30380
40m	37475	41000	30710	31260	32060	29300	29580	30380
35m	27475	36000	30710	31260	32060	29300	29580	30380
30m	27475	31000	30710	31260	32060	29300	29580	30380

Figura 13. Torre grúa zoomlion tc 5010-4 especificaciones de longitudes. (Zoomlion , 2016).

- **Mecanismo de elevación**

El sistema de elevación cuenta con un sistema de control eléctrico basado en lógica cableada. Este consta de 2 contactores de 95 A que definen el sentido de giro (subir o bajar carga), 3 contactores cada uno de ellos de 95 A encargados de energizar una sección del moto reductor, así se obtiene tres velocidades de trabajo 1400, 700 o 210 rpm. Cuando el motor reductor no se encuentra en funcionamiento un cuarto contactor energiza el electro freno manteniendo la carga suspendida a la altura deseada. Al igual cuenta con 2 sistemas de seguridad: uno de ellos se encarga de limitar la altura máxima y mínima para que la carga no colisione con la pluma o en su defecto con la losa inferior. Este es un sistema de rodillos el cual cuenta con una relación de 1:25 con el motor accionando una serie de microswitches desenergizando los contactores,(Ver figura 8). (Zoomlion , 2016)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 14. Limitador de altura de carga, (Zoomlion , 2016).

El limitador de peso es basado en la deformación de la pluma: a mayor peso el arco de la pluma es más prominente, esto produce que las dos platinas se unan y opriman una serie de microswitches abriendo la bobina del contactor que da la marcha de subir para así garantizar que el equipo no se sobrecargue. (Ver figura 14).

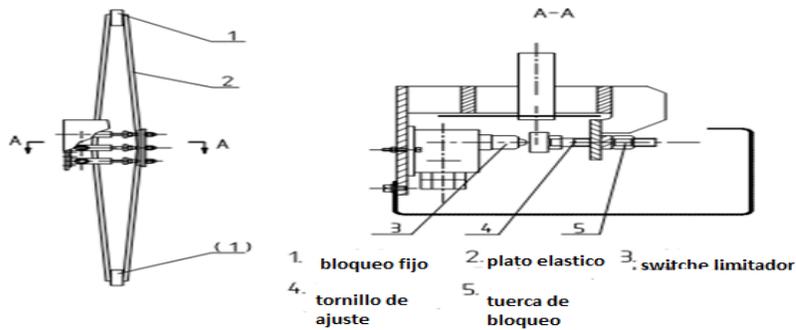


Figura 15. Limitador de peso. (Zoomlion , 2016).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 9. Parámetros mecanismo de elevación, torre grúa tc 5010-4. (Zoomlion , 2016).

mecanismo de elevación	Modelo			qs465
	máxima tracción de la cuerda		N	12000
	cuerda de alambre	Especificación		6x29fi+iwr-12-1670
		máxima velocidad lineal	m/min	130
	tambor	velocidad tambor	r/min	88.32-44.16-13.2
		capacidad cuerda	m	280
	motor	Modelo		yztd 200l3-4-8-24
		Potencia	kW	15-15-4
	freno	Modelo		ywz-250-45-12.5d
		momento de frenado	N.m	400

- **Mecanismo de traslación de la carga**

El sistema de traslación del carrito al igual que la de elevación de carga cuenta con un sistema de control basado en lógica cableada el cual está compuesto por 2 contactores de 45 amperes que definen el sentido de giro del motor y un mando manipulado por el operador del equipo. Este motor está unido a un tambor el cual cuenta con un cable de acero de $\frac{1}{2}$ el cual convierte el movimiento del motor de circular a lineal permitiendo que el carro se desplace a lo largo de la pluma. Este sistema solo cuenta con un limitador de seguridad para determinar el punto máximo de recorrido para que el coche no colisione al final ni al inicio de la pluma, este funciona igual que el limitador de elevación este motor cuenta con dos velocidades 1440 y 710 rpm. (Zoomlion , 2016)

Tabla 10. Parámetros mecanismo del carrito, torre grúa tc 5010-4. (Zoomlion , 2016).

mecanismo de carretilla	ítem		Unidades	parámetros				
	tracción máxima de la cuerda		N	2579/4402				
	cuerda de alambre	especificación			6x19s-6-1670			
		velocidad lineal		m/min	40/20			
		longitud	30	M	cuerda de alambre 1	60	cuerda de alambre 2	42
			35	M		70		47
			40	M		80		52
			45	M		90		57
	50		M	100		62		
	velocidad tambor			40/19.7				
motor	modelo			ydej112M1-4/8-b5				
	potencia		Kw	2.4/1.5				

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

	velocidad	r/min	1440/710
	relación de reducción		35
	momento de frenado	N.m	40

- **Mecanismo de giro**

El sistema de giro cuenta como todo el equipo con un sistema de control basado en lógica cableada. Este es uno de los más simples y no cuenta con ningún sistema de seguridad, consta solo de 2 contactores que definen el sentido de giro del motor reductor el cual está sujeto a la corona por medio de un piñón y una cremallera permitiendo que la tornamesa realice giros de 360°. (Zoomlion , 2016)

Tabla 11. Parámetros mecanismo de giro, torre grúa tc 5010-4. (Zoomlion , 2016).

mecanismo de giro	modelo		HR37C.100	
	velocidad giro		0-0.6	
	reducción radio general		1547.8	
	motor	Modelo	yzt132m2-6B5-3.7KW	
		potencia	kW	3.7
		velocidad	r/min	908
	engranaje reducción	Modelo	xx5-100	
		reducción radio		195
		momento rotación	N.m	10000
		velocidad rotación	r/min	.66
		parámetros reducción		modulo m
			numero dientes	16
			coeficiente x	.5

Todo el sistema de control del equipo se encuentra en un gabinete ubicado en la contra pluma y cuenta al igual con una cabina en la cual se localizan los mandos para la operación del equipo. En el mando de la mano derecha encontrándonos sentados ejecutamos la labores de subir y bajar la carga y realizar el giro del equipo, adicionalmente encontramos un paro de emergencia y una alarma sonora para informar a las personas de áreas inferiores que el equipo está en movimiento; en el de la mano izquierda realizamos los movimientos del carrito el cual se desplaza a lo largo de la pluma, como auxiliar

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

encontramos un pulsador para el electro freno del sistema de giro el cual se activa manualmente por el operador.(Ver figura 16). (Zoomlion , 2016)

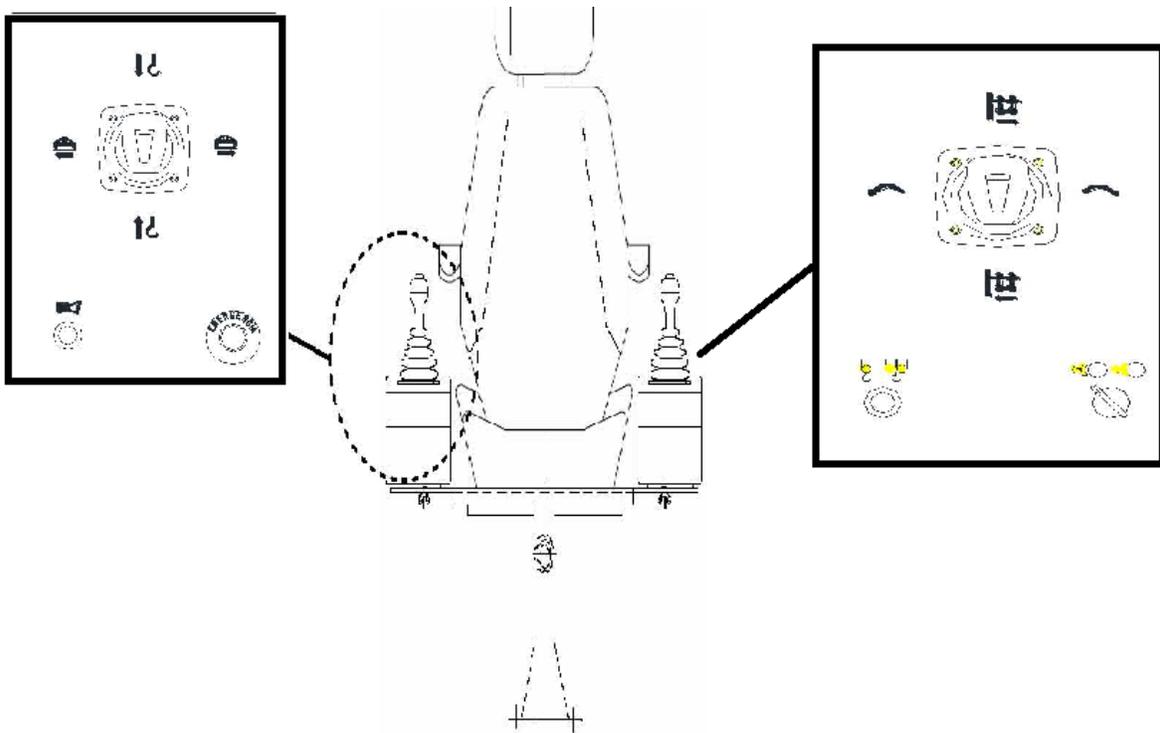


Figura 16. Mandos de la torre grúa zoomlion tc 5010-4, (Zoomlion , 2016)

3.3. INFORMACIÓN TÉCNICA DEL ELEVADOR ZOOMLION DC 200/200

Este equipo cuenta con un sistema básico y consta de una cabina, la cual se desplaza por el mástil unidos entre sí por un sistema de rodillos guías. El mástil cuenta con una cremallera a lo largo de este la cual se acopla a un sistema de piñones comandado por los motores eléctricos que estos a su vez están acoplados a la cabina por medio de la celda de carga. Los motores están dotados de un sistema de electro freno los cuales se accionan cuando el operador manipula los mandos dando orden de subir o bajar al equipo según las necesidades requeridas.

Este equipo cuenta con varios sistemas de seguridad; uno de ellos es una celda de carga la cual controla el peso dentro de la cabina. Este equipo tiene una capacidad de carga de 2 ton; al sentir presencia de una sobre carga bloquea el equipo tanto mecánica como eléctricamente y genera una alarma sonora para alertar al operario que el equipo no está en condiciones de desplazarse. Esta celda de carga no solo cumple la función de sensar el peso también funciona como unión entre los motores y la cabina. (Ver figura 17). (Zoomlion, 2016)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 17. Sensor de peso elevador zoomlion. (Zoomlion , 2016)

Como otra medida de seguridad el equipo cuenta con limitadores de recorrido máximo **el cual** consta de un micro switch que se acciona mecánicamente al arribo de la cabina. Este sistema lo encontramos tanto en la parte superior como inferior del recorrido.

Como última medida de seguridad el equipo cuenta con un freno de caída libre, **que** al sentir una precipitación el equipo se bloquea mecánicamente permitiendo que la caída no supere 30 cm de longitud. (Ver figura 18). (Zoomlion, 2016)

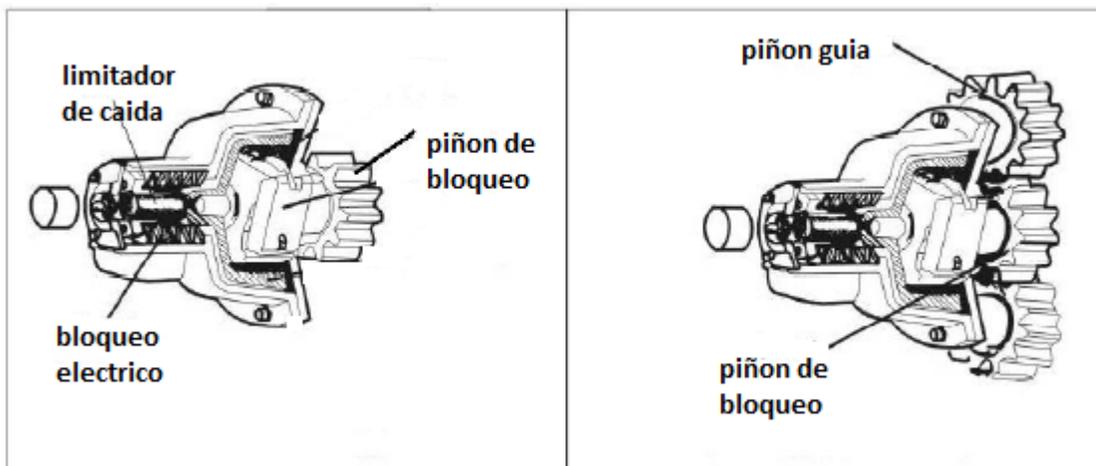


Figura 18. Sistema freno caída libre. (Zoomlion , 2016)

Como aditamentos auxiliares encontramos el tablero eléctrico que se encuentra al interior de la cabina, los controles de mando y una resistencia de freno dinámico. A continuación veremos los datos generales del equipo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 12. Datos generales elevador de carga zoomlion. (Zoomlion , 2016)

designación	serie	sc100	sc200	sc 200/200
carga nominal		1000/12 personas	2x1000/24 personas	4000/48 personas
carga útil Kg		800	1000	2000
velocidad nominal		36		
relación reducción		01:16		
máxima altura m		450		
dimensión caja		3.2x1.5x2.5		
potencia suministro		380 v 50hz		
potencia motor hp		22	44	66
Corriente		48	96	145

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. APLICACIÓN DE RCM AL EQUIPO TORRE GRÚA

El Análisis de Modos de Falla (AMFE) es un procedimiento usado para identificar las fallas potenciales de un sistema, estas se clasifican por su gravedad o por su efecto en el sistema. A continuación, se realiza el análisis AMFE al equipo tomando como base las 4 principales inquietudes que entrega el RCM:

- ¿Cuáles son sus funciones y estándares de funcionamiento relacionados?
- ¿De qué formas puede fallar?
- ¿Qué causa que falle? Modos de falla.
- ¿Qué sucede cuando falla? Efectos de la falla.

Cada uno de los componentes fue sometido a estos 4 interrogantes, aunque los efectos pueden ser los mismos, las fallas funcionales y los modos de falla que los generan son diferentes lo cual constituye la amplitud de la tabla en total. Finalmente, se estableció la probabilidad condicional de falla contra la vida útil para los componentes eléctricos y mecánicos del activo con un patrón de falla.

Tabla 13. Aplicación de análisis de modo de falla equipo torre grúa.

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA Y EFECTOS DE FALLA				
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO	PATRON DE FALLA

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1	Permitir realizar giros de la tornamesa de 360 grados.	A	La tornamesa no se desplaza.	1	Microswitch del mando desconectado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor de giro. El periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
1	Permitir realizar giros de la tornamesa de 360 grados.	A	La tornamesa no se desplaza.	2	Microswitch del mando averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor de giro. El periodo de tiempo para su cambio es de 0,10 horas.	Patrón C 
1	Permitir realizar giros de la tornamesa de 360 grados.	A	La tornamesa no se desplaza.	3	Contactor aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor de giro. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 
1	Permitir realizar giros de la tornamesa de 360 grados.	A	La tornamesa no se desplaza.	4	Contactor averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor de giro producto de problemas en la bobina del contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 
1	Permitir realizar giros de la tornamesa de 360 grados.	A	La tornamesa no se desplaza.	5	Contactor averiado.	No hay voltaje de salida en el contactor, platinos internos aislados. Se requiere cambio de contactor. El periodo de tiempo es de 1 hora.	Patrón C 
1	Permitir realizar giros de la tornamesa de 360 grados.	A	La tornamesa no se desplaza.	6	Falla de aislamiento en el motor de giro.	El motor se bloquea debido a un fallo eléctrico por falla en sus bobinas, impidiendo que la tornamesa realice el desplazamiento. Es necesario cambiar el motor. Esta actividad tarda aproximadamente 8 horas.	Patrón E 
1	Permitir realizar giros de la tornamesa de 360 grados.	A	La tornamesa no se desplaza.	7	Falla mecánica interna en el reductor.	El motor se bloquea debido a un fallo mecánico por falla en el sistema reductor impidiendo que la tornamesa realice desplazamiento. Es necesario cambiar el reductor de planetarios. Esta actividad tarda aproximadamente 15 horas.	Patrón E 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO		Código	FDE 089
			Versión	03
			Fecha	2015-01-22

1	Permitir realizar giros de la tornamesa de 360 grados.	A	La tornamesa no se desplaza.	8	Rodamientos fisurados en el motor de giro.	El motor se bloquea debido a un fallo por falla en sus rodamientos, impidiendo que la tornamesa realice el desplazamiento. Es necesario cambiar el motor. Esta actividad tarda aproximadamente 8 horas.	Patrón E 
1	Permitir realizar giros de la tornamesa de 360 grados.	A	La tornamesa no se desplaza.	9	Conexión errónea del motor.	Aunque el motor funciona no tiene la capacidad para realizar el movimiento de la tornamesa. Se debe corregir la conexión. Tarda aproximadamente 0.20 horas.	Patrón A 
1	Permitir realizar giros de la tornamesa de 360 grados.	A	La tornamesa no se desplaza.	10	Aislamiento de la cometida principal.	Se encuentra ausencia de voltaje en el encauchetado que esta entre el contactor de giro y el motor. Se requiere cambio de encauchetado. Tiempo promedio 2 horas.	Patrón E 
1	Permitir realizar giros de la tornamesa de 360 grados.	B	La tornamesa no frena.	1	Falla de selector de freno.	Se encuentra ausencia de señal dirigida a la bobina del electro freno debe remplazarse el selector. Tarda aproximadamente 0.20 horas.	Patrón C 
1	Permitir realizar giros de la tornamesa de 360 grados.	B	La tornamesa no frena.	2	Selector del electro freno desconectado.	Se encuentra ausencia de señal dirigida a la bobina del electro freno. Tarda aproximadamente 0.20 horas.	Patrón C 
1	Permitir realizar giros de la tornamesa de 360 grados.	B	La tornamesa no frena.	3	Aislamiento del convertidor ac-dc.	Se encuentra ausencia de señal de salida en el convertidor AC-DC. Debe remplazarse el convertidor. Tarda aproximadamente 2 horas.	Patrón C 
1	Permitir realizar giros de la tornamesa de 360 grados.	B	La tornamesa no frena.	4	falla de contactor BR.	No hay señal ocasionando que el electro frenó no se cierre. Falla en la bobina del contactor. Se requiere cambio de bobina tarda aproximadamente 1 hora.	Patrón C 
1	Permitir realizar giros de la tornamesa de 360 grados.	B	La tornamesa no frena.	5	falla contactor BR.	Se encuentra ausencia de voltaje dirigida a la bobina del electro freno debido a daño en las platinas del contactor. Debe remplazarse el contactor. Tarda aproximadamente 1 hora.	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO		Código	FDE 089
			Versión	03
			Fecha	2015-01-22

1	Permitir realizar giros de la tornamesa de 360 grados.	B	La tornamesa no frena.	6	Falla electro freno.	Se encuentra aislamiento de la bobina del electro freno requiere cambio y tarda aproximadamente 3 horas.	Patrón D 
1	Permitir realizar giros de la tornamesa de 360 grados.	B	La tornamesa no frena.	7	Falla encauchetado electro freno.	Se encuentra ausencia de voltaje en el encauchetado que va a la bobina del electro freno. Se requiere cambio de encauchetado. Tarda aproximadamente 1 hora.	Patrón E 
1	Permitir realizar giros de la tornamesa de 360 grados.	B	La tornamesa no frena.	8	Falla transformador 440-220 vac.	Se encuentra falla en las bobinas del transformador 440 a 220 vac que alimenta el electro freno. Se requiere cambio de transformador. Tarda aproximadamente 0.30 horas.	Patrón D 
1	Permitir realizar giros de la tornamesa de 360 grados.	B	La tornamesa no frena.	9	Aislamiento en el transformador 440-220 vac.	Se encuentra aislamiento en la alimentación del transformador 440 a 220 vac. Se requiere ajustar los bornes. Tarda aproximadamente 0.20 horas.	Patrón D 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	A	El carro coche no se desplaza hacia adelante en la primera velocidad.	1	Microswitch mc1 del mando aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc1 encargado del avance en la primera marcha del carro-coche. El periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	A	El carro coche no se desplaza hacia adelante en la primera velocidad.	2	Microswitch mc1 del mando averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc1 encargado del avance en la primera marcha del carro-coche. Se requiere cambio de microswitch. El periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	A	El carro coche no se desplaza hacia adelante en la primera velocidad.	3	Contactador cc1 aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor que permite el avance del carro-coche. El periodo de tiempo para su atención es de 0.30 hora.	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	A	El carro coche no se desplaza hacia adelante en la primera velocidad.	4	Contactador cc1 averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc1 encargado del avance en la primera marcha del carro-coche producto de problemas en la bobina del contactor. El periodo de tiempo para su	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

					atención es de 1 hora.		
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	A	El carro coche no se desplaza hacia adelante en la primera velocidad.	5	Contactor cc1 averiado.	No hay voltaje de salida por lo tanto no se activa la parte del embobinado del motor encargado del avance en el carro coche producto de problemas en los platinos del contactor se requiere cambio de contactor el periodo de tiempo para su atención es de 1 hora	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	A	El carro coche no se desplaza hacia adelante en la primera velocidad	6	Cometida eléctrica primera velocidad aislada.	No hay salida de voltaje en el encauchetado que energiza la parte del embobinado del motor de avance del carro coche. Se requiere cambio de cableado eléctrico. Tiempo requerido 2 horas.	Patrón E 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	A	El carro coche no se desplaza hacia adelante en la primera velocidad.	7	Limitador de avance máximo superior desconectado.	No hay señal de control para permitir el avance ya que el limitador superior se encuentra aislado. Se requiere reconectar el microswitche. Tiempo promedio para la reconexión es de 1.30 horas.	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	A	El carro coche no se desplaza hacia adelante en la primera velocidad.	8	Limitador de avance máximo superior malo.	No hay señal de control para permitir el avance ya que el limitador superior se encuentra fallando. Se requiere reemplazar el microswitche. Tiempo promedio para la reconexión es de 2.30 horas.	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	A	El carro coche no se desplaza hacia adelante en la primera velocidad.	9	Limitador de avance máximo descalibrado.	No hay señal de control para permitir el avance ya que el limitador superior se encuentra aislado. Se requiere recalibrar el microswitche. Tiempo promedio para la re calibración es de 1 hora.	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	B	El carro coche no se desplaza hacia adelante en la segunda velocidad.	1	Microswitch mc2 del mando aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc2 encargado del avance en la segunda marcha del carro-coche. El periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	B	El carro coche no se desplaza hacia adelante en la primera velocidad.	2	Microswitch mc2 del mando averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc2 encargado del avance en la segunda marcha del carro-coche. Se requiere cambio de microswitche. El periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	B	El carro coche no se desplaza hacia adelante en la segunda velocidad.	3	Contactador aislado. cc2	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor de avance del carro-coche. El periodo de tiempo para su atención es de 0.30 hora.	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	B	El carro coche no se desplaza hacia adelante en la segunda velocidad.	4	Contactador averiado. cc2	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc2 encargado del avance en la primera marcha del carro coche producto de problemas en la bobina del contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	B	El carro coche no se desplaza hacia adelante en la segunda velocidad.	5	Contactador averiado. cc2	No hay voltaje de salida por lo tanto no se activa la parte del embobinado del motor encargado del avance en el carro coche producto de problemas en los platinos del contactor. Se requiere cambio de contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	B	El carro coche no se desplaza hacia adelante en la segunda velocidad.	6	Cometida eléctrica segunda velocidad aislada.	No hay salida de voltaje en el encauchetado que energiza la parte del embobinado del motor de avance del carro coche en la segunda velocidad. Se requiere cambio de cableado eléctrico. Tiempo requerido 2 horas.	Patrón E 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	B	El carro coche no se desplaza hacia adelante en la segunda velocidad.	7	Limitador de avance máximo superior desconectado.	No hay señal de control para permitir el avance ya que el limitador superior se encuentra aislado. Se requiere reconectar el microswitche. Tiempo promedio para la reconexión es de 1.30 horas.	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	B	El carro coche no se desplaza hacia adelante en la segunda velocidad.	8	Limitador de avance máximo superior malo.	No hay señal de control para permitir el avance ya que el limitador superior se encuentra fallando. Se requiere remplazar el microswitche. Tiempo promedio para la reconexión es de 2.30 horas.	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	B	El carro coche no se desplaza hacia adelante en la segunda velocidad.	9	Limitador de avance máximo descalibrado.	No hay señal de control para permitir el avance ya que el limitador superior se encuentra aislado. Se requiere recalibrar el microswitch. Tiempo promedio para la re calibración es de 1 hora.	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	C	El carro coche no se desplaza hacia atrás en la primera velocidad.	1	Microswitch mc3 del mando aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc1 encargado del avance en la primera marcha del carro-coche. El periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	C	El carro coche no se desplaza hacia atrás en la primera velocidad.	2	Microswitch mc3 del mando averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc1 encargado del avance en la primera marcha del carro-coche. Se requiere cambio de microswitch. El periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	C	El carro coche no se desplaza hacia atrás en la primera velocidad.	3	Contactor cc3 aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor que permite el avance del carro-coche. El periodo de tiempo para su atención es de 0.30 horas.	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	C	El carro coche no se desplaza hacia atrás en la primera velocidad.	4	Contactor cc3 averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc1 encargado del avance en la primera marcha del carro coche producto de problemas en la bobina del contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	C	El carro coche no se desplaza hacia atrás en la primera velocidad.	5	Contactor cc3 averiado.	No hay voltaje de salida por lo tanto no se activa la parte del embobinado del motor encargado del avance en el carro coche producto de problemas en los platinos del contactor. Se requiere cambio de contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	C	El carro coche no se desplaza hacia atrás en la primera velocidad.	6	Cometida eléctrica primera velocidad aislada.	No hay salida de voltaje en el encauchetado que energiza la parte del embobinado del motor de avance del carro-coche. Se requiere cambio de cableado eléctrico tiempo requerido 2 horas.	Patrón E 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	C	El carro coche no se desplaza hacia atrás en la primera velocidad.	7	Limitador de avance máximo inferior desconectado.	No hay señal de control para permitir el avance ya que el limitador inferior se encuentra aislado. Se requiere reconectar el microswitche. Tiempo promedio para la reconexión es de 1.30 horas.	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	C	El carro coche no se desplaza hacia atrás en la primera velocidad.	8	Limitador de avance máximo inferior malo.	No hay señal de control para permitir el avance ya que el limitador inferior se encuentra fallando. De requiere remplazar el microswitche. Tiempo promedio para la reconexión es de 2.30 horas.	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	C	El carro coche no se desplaza hacia atrás en la primera velocidad.	9	Limitador de avance máximo inferior descalibrado.	No hay señal de control para permitir el avance ya que el limitador inferior se encuentra aislado. Se requiere recalibrar el microswitche. Tiempo promedio para la re calibración es de 1 hora.	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	D	El carro coche no se desplaza hacia atrás en la segunda velocidad.	1	Microswitch mc4 del mando aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc4 encargado del avance en la segunda marcha del carro-coche. El periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	D	El carro coche no se desplaza hacia atrás en la segunda velocidad.	2	Microswitch mc4 del mando averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc4 encargado del avance en la segunda marcha del carro-coche. Se requiere cambio de microswitche. El periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	D	El carro coche no se desplaza hacia atrás en la segunda velocidad.	3	Contactador cc4 aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor que permite el avance del carro-coche. El periodo de tiempo para su atención es de 0.30 horas.	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	D	El carro coche no se desplaza hacia atrás en la segunda velocidad.	4	Contactador cc4 averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc4 encargado del avance en la primera marcha del carro coche producto de problemas en la bobina del contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	D	El carro coche no se desplaza hacia atrás en la segunda velocidad.	5	Contactador averiado. cc4	No hay voltaje de salida por lo tanto no se activa la parte del embobinado del motor encargado del avance en el carro coche producto de problemas en los platinos del contactor. Se requiere cambio de contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	D	El carro coche no se desplaza hacia atrás en la segunda velocidad.	6	Cometida eléctrica segunda velocidad aislada.	No hay salida de voltaje en el encauchetado que energiza la parte del embobinado del motor de avance del carro-coche. Se requiere cambio de cableado eléctrico. Tiempo requerido 2 horas.	Patrón E 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	D	El carro coche no se desplaza hacia atrás en la segunda velocidad.	7	Limitador de avance máximo inferior desconectado.	No hay señal de control para permitir el avance ya que el limitador inferior se encuentra aislado. Se requiere reconectar el microswitche. Tiempo promedio para la reconexión es de 1.30 horas.	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	D	El carro coche no se desplaza hacia atrás en la segunda velocidad.	8	Limitador de avance máximo inferior malo.	No hay señal de control para permitir el avance ya que el limitador inferior se encuentra fallando. Se requiere remplazar el microswitche. Tiempo promedio para la reconexión es de 2.30 horas.	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	D	El carro coche no se desplaza hacia atrás en la segunda velocidad.	9	Limitador de avance máximo inferior descalibrado.	No hay señal de control para permitir el avance ya que el limitador inferior se encuentra aislado. Se requiere recalibrar el microswitche. Tiempo promedio para la recalibración es de 1 hora.	Patrón C 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	E	El carro coche no se desplaza en ningún sentido.	1	Rotura de alambre de acero.	A pesar que el motor funcione sin problemas se nota una rotura del alambre de acero que esta algo largo de la pluma el cual hace el cambio de movimiento circular a lineal. Se requiere cambio de cable. Tiempo promedio de cambio 6 horas.	Patrón E 
2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	E	El carro coche no se desplaza en ningún sentido.	2	Rodamientos fisurados en el motor del carro coche.	El motor se bloquea debido a un fallo por falla en sus rodamientos, impidiendo que el carro coche realice el desplazamiento. Es necesario cambiar el motor. Esta actividad tarda aproximadamente 8 horas.	Patrón E 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2	Permitir desplazar el carro por la pluma en ambos sentidos.	E	El carro coche no se desplaza en ningún sentido.	3	Conexión errónea del motor.	Aunque el motor funciona no tiene la capacidad para realizar el desplazamiento del carro coche. Se debe corregir la conexión. Tarda aproximadamente 0.20 horas.	Patrón E 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	A	La carga no sube en la primera velocidad.	1	Microswitch ca1 del mando aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc5 encargado de activar el motor para subir la carga, el periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	A	La carga no sube en la primera velocidad.	2	Microswitch ca1 del mando averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc5 encargado de activar el motor para subir la carga, se requiere cambio de microswitch, el periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	A	La carga no sube en la primera velocidad.	3	Contactor cc5 aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor que permite el desplazamiento de la carga. El periodo de tiempo para su atención es de 0.30 hora.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	A	La carga no sube en la primera velocidad.	4	Contactor cc5 averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc5 encargado del desplazamiento en la primera marcha de la carga producto de problemas en la bobina del contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	A	La carga no sube en la primera velocidad.	5	Contactor cc5 averiado.	No hay voltaje de salida por lo tanto no se activa la parte del embobinado del motor encargado del desplazamiento de la carga producto de problemas en los platinos del contactor. Se requiere cambio de contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	A	La carga no sube en la primera velocidad.	6	Cometida eléctrica primera velocidad aislada.	No hay salida de voltaje en el encauchetado que energiza la parte del embobinado del motor de carga de la primera velocidad. Se requiere cambio de cableado eléctrico. Tiempo requerido 2 horas.	Patrón E 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	A	La carga no sube en la primera velocidad.	7	Celda de carga aislada.	Se encuentra el cableado de la celda de carga aislado dando un error de señal donde se infiere que el equipo está sobre cargado no permitiendo subir la carga. Se requiere cambio de cable de señal. Tiempo requerido 2 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	A	La carga no sube en la primera velocidad.	8	Microswitch de la celda de carga aislado.	Se encuentran los bornes del microswitch de la celda de carga aislados. Se requiere reconectar. Tiempo promedio de la labor 0,30 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	A	La carga no sube en la primera velocidad.	9	Microswitch de la celda de carga averiado.	El microswitch registra avería interrumpiendo la señal infiriendo que el equipo se encuentra en sobre carga. Se requiere remplazar el microswitch. Tiempo promedio para la ejecución de esta tarea es de 2 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	A	La carga no sube en la primera velocidad.	10	Celda de carga descalibrada.	El peso máximo se encuentra descalibrado para un peso mayor o menor no registrando el peso del elemento a trasladar. Se requiere calibrar celda de carga. Tiempo requerido 2 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	A	La carga no sube en la primera velocidad.	11	Platinos de la celda de carga reventados.	Se registra una avería mecánica en los platinos de deformación del sensor de peso dando un mal registro del peso. Se requiere cambio de celda de carga. Tiempo requerido 6 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	A	La carga no sube en la primera velocidad.	12	Sensor de deformación de la pluma aislado.	Se encuentra el sensor de deformación de la pluma aislado. Se requiere reconectar el censo. Tiempo requerido 2 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	A	La carga no sube en la primera velocidad.	13	Sensor de deformación de la pluma averiado.	Se encuentra el sensor de deformación de la pluma averiado. Se requiere remplazar el sensor. Tiempo requerido 4 horas.	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	A	La carga no sube en la primera velocidad.	14	Sensor de caída de fase aislado.	Se encuentra el sensor caída de fase aislado. Se requiere reconectar el Sensor. Tiempo requerido 0,30 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	A	La carga no sube en la primera velocidad.	15	Sensor de caída de fase averiado.	Se encuentra el sensor de caída de fase averiado. Se requiere reemplazar el sensor. Tiempo requerido 1 hora.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	A	La carga no sube en la primera velocidad.	16	Caída de fase de voltaje.	El sensor de caída de fase registra una bajo voltaje en una o varias de las fases inhabilitando el motor. Se requiere verificar voltaje de la red. Tiempo requerido 3 horas.	Patrón E 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	A	La carga no sube en la primera velocidad.	17	Encauchetado de potencia de la primera velocidad aislado.	Se registra aislamiento en las líneas de voltaje que se dirigen al motor de carga. Se requiere reemplazar cableado. Tiempo promedio de 3 horas.	Patrón E 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	A	La carga no sube en la primera velocidad.	18	Rodamientos fisurados en el motor de carga.	El motor se bloquea debido a un fallo en sus rodamientos, impidiendo que la tensión aumente al valor requerido. Es necesario cambiar el motor. Esta actividad tarda aproximadamente 2 horas.	Patrón E 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	A	La carga no sube en la segunda velocidad.	19	Coupling averiado.	Se registra daño del coupling que se encuentra entre el motor de carga y el reductor. Se requiere cambio de coupling. Tiempo promedio es de 5 horas.	Patrón E 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	A	La carga no sube en la primera velocidad.	20	Reductor averiado	Se registra una avería en la parte interna del reductor. Se requiere cambio. Tiempo promedio 12 horas.	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	B	La carga no sube en la segunda velocidad.	1	Microswitch ca2 del mando aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc6 encargado de activar el motor para subir la carga, el periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	B	La carga no sube en la segunda velocidad.	2	Microswitch ca2 mando averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc6 encargado de activar el motor para subir la carga, se requiere cambio de microswitch, el periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	B	La carga no sube en la segunda velocidad.	3	Contactor cc6 aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor que permite el desplazamiento de la carga. El periodo de tiempo para su atención es de 0.30 hora.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	B	La carga no sube en la segunda velocidad.	4	Contactor cc6 averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc6 encargado del desplazamiento en la segunda marcha dela carga producto de problemas en la bobina del contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	B	La carga no sube en la segunda velocidad.	5	Contactor cc6 averiado.	No hay voltaje de salida por lo tanto no se activa la parte del embobinado del motor encargado del desplazamiento de la carga producto de problemas en los platinos del contactor. Se requiere cambio de contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	B	La carga no sube en la segunda velocidad.	6	Cometida eléctrica segunda velocidad aislada.	No hay salida de voltaje en el encauchetado que energiza la parte del embobinado del motor de carga de la segunda velocidad. Se requiere cambio de cableado eléctrico. Tiempo requerido 2 horas.	Patrón E 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	B	La carga no sube en la segunda velocidad.	7	Celda de carga aislada.	Se encuentra el cableado de la celda de carga aislado dando un error de señal donde se infiere que el equipo está sobre cargado no permitiendo subir la carga. Se requiere cambio de cable de señal. Tiempo requerido 2 horas.	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO		Código	FDE 089
			Versión	03
			Fecha	2015-01-22

3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	B	La carga no sube en la segunda velocidad.	8	Microswitch de la celda de carga aislado.	Se encuentran los bornes del microswitch de la celda de carga aislados. Se requiere reconectar. Tiempo promedio de la labor 0,30 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	B	La carga no sube en la segunda velocidad.	9	Microswitch de la celda de carga averiado.	El microswitch registra avería interrumpiendo la señal infiriendo que el equipo se encuentra en sobre carga. Se requiere reemplazar el microswitch. Tiempo promedio para la ejecución de esta tarea es de 2 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	B	La carga no sube en la segunda velocidad.	10	Celda de carga descalibrada.	El peso máximo se encuentra descalibrado para un peso mayor o menor no registrando el peso del elemento a trasladar. Se requiere calibrar celda de carga. Tiempo requerido 2 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	B	La carga no sube en la segunda velocidad.	11	Platinos de la celda de carga reventados.	Se registra una avería mecánica en los platinos de deformación del sensor de peso dando un mal registro del peso. Se requiere cambio de celda de carga. Tiempo requerido 6 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	B	La carga no sube en la segunda velocidad.	12	Sensor de deformación de la pluma aislado.	Se encuentra el sensor de deformación de la pluma aislado. Se requiere reconectar el sensor. Tiempo requerido 2 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	B	La carga no sube en la segunda velocidad.	13	Sensor de deformación de la pluma averiado.	Se encuentra el sensor de deformación de la pluma averiado. Se requiere reemplazar el sensor. Tiempo requerido 4 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	B	La carga no sube en la segunda velocidad.	14	Sensor de caída de fase aislado.	Se encuentra el sensor caída de fase aislado. Se requiere reconectar el sensor. Tiempo requerido 0,30 horas.	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	B	La carga no sube en la segunda velocidad.	15	Sensor de caída de fase averiado.	Se encuentra el sensor de caída de fase averiado. Se requiere reemplazar el sensor. Tiempo requerido 1 hora.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	B	La carga no sube en la segunda velocidad.	16	Caída de voltaje en una de las fases.	El sensor de caída de fase registra un bajo voltaje en una o varias de las fases inhabilitando el motor. Se requiere verificar voltaje de la red. Tiempo requerido 3 horas.	Patrón E 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	B	La carga no sube en la segunda velocidad.	17	Encauchetado de potencia de la segunda velocidad aislado.	Se registra aislamiento en las líneas de voltaje que se dirigen al motor de carga. Se requiere reemplazar cableado. Tiempo promedio de 3 horas.	Patrón E 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	B	La carga no sube en la segunda velocidad.	18	Rodamientos fisurados en el motor de carga.	El motor se bloquea debido a un fallo en sus rodamientos, impidiendo que la tensión aumente al valor requerido. Es necesario cambiar el motor. Esta actividad tarda aproximadamente 2 horas.	Patrón E 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	B	La carga no sube en la segunda velocidad.	19	Coupling averiado.	Se registra daño del coupling que se encuentra entre el motor de carga y el reductor se requiere cambio de coupling. Tiempo promedio es de 5 horas.	Patrón E 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	B	La carga no sube en la segunda velocidad.	20	Reductor averiado	Se registra una avería en la parte interna del reductor. Se requiere cambio. Tiempo promedio 12 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	C	La carga no sube en la tercera velocidad.	1	Microswitch ca3 del mando aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc7 encargado de activar el motor para subir la carga, el periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	C	La carga no sube en la tercera velocidad.	2	Microswitch ca3 del mando averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc7 encargado de activar el motor para subir la carga, se requiere cambio de microswitch. El periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	C	La carga no sube en la tercera velocidad.	3	Contactor cc7 aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor que permite el desplazamiento de la carga. El periodo de tiempo para su atención es de 0.30 hora.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	C	La carga no sube en la tercera velocidad.	4	Contactor cc7 averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc7 encargado del desplazamiento en la segunda marcha de la carga producto de problemas en la bobina del contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	C	La carga no sube en la tercera velocidad.	5	Contactor cc7 averiado.	No hay voltaje de salida por lo tanto no se activa la parte del embobinado del motor encargado del desplazamiento de la carga producto de problemas en los platinos del contactor. Se requiere cambio de contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	C	La carga no sube en la tercera velocidad.	6	Cometida eléctrica segunda velocidad aislada.	No hay salida de voltaje en el encauchetado que energiza la parte del embobinado del motor de carga de la segunda velocidad. Se requiere cambio de cableado eléctrico. Tiempo requerido 2 horas.	Patrón E 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	C	La carga no sube en la tercera velocidad.	7	Celda de carga aislada.	Se encuentra el cableado de la celda de carga aislado dando un error de señal donde se infiere que el equipo está sobre cargado no permitiendo subir la carga. Se requiere cambio de cable de señal. Tiempo requerido 2 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	C	La carga no sube en la tercera velocidad.	8	Microswitch de la celda de carga aislado.	Se encuentran los bornes del microswitch de la celda de carga aislados. Se requiere reconectar. Tiempo promedio de la labor 0,30 horas.	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO		Código	FDE 089
			Versión	03
			Fecha	2015-01-22

3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	C	La carga no sube en la tercera velocidad.	9	Microswitche de la celda de carga averiado.	El microswitche registra avería interrumpiendo la señal infiriendo que el equipo se encuentra en sobre carga. Se requiere remplazar el microswitche. Tiempo promedio para la ejecución de esta tarea es de 2 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	C	La carga no sube en la tercera velocidad.	10	Celda de carga descalibrada.	El peso máximo se encuentra descalibrado para un peso mayor o menor no registrando el peso del elemento a trasladar. Se requiere calibrar celda de carga. Tiempo requerido 2 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	C	La carga no sube en la tercera velocidad.	11	Platinos de la celda de carga reventados.	Se registra una avería mecánica en los platinos de deformación del sensor de peso dando un mal registro del peso. Se requiere cambio de celda de carga. Tiempo requerido 6 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	C	La carga no sube en la tercera velocidad.	12	Sensor de deformación dela pluma aislado.	Se encuentra el sensor de deformación de la pluma aislado. Se requiere reconectar el sensor. Tiempo requerido 2 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	C	La carga no sube en la tercera velocidad.	13	Sensor de deformación dela pluma averiado.	Se encuentra el sensor de deformación de la pluma averiado. Se requiere remplazar el sensor. Tiempo requerido 4 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	C	La carga no sube en la tercera velocidad.	14	Sensor de caída de fase aislado.	Se encuentra el sensor caída de fase aislado. Se requiere reconectar el sensor. Tiempo requerido 0,30 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	C	La carga no sube en la tercera velocidad.	15	Sensor de caída de fase averiado.	Se encuentra el sensor de caída de fase averiado. Se requiere remplazar el sensor. Tiempo requerido 1 hora.	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	C	La carga no sube en la tercera velocidad.	16	Caída de fase de voltaje.	El sensor de caída de fase registra una bajo voltaje en una o varias de las fases inhabilitando el motor. Se requiere verificar voltaje de la red. Tiempo requerido 3 horas.	Patrón E 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	C	La carga no sube en la tercera velocidad.	17	Encauchetado de potencia de la tercera velocidad aislado.	Se registra aislamiento en las líneas de voltaje que se dirigen al motor de carga. Se requiere reemplazar cableado. Tiempo promedio de 3 horas.	Patrón E 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	C	La carga no sube en la tercera velocidad.	18	Rodamientos fisurados en el motor de carga.	El motor se bloquea debido a un fallo en sus rodamientos, impidiendo que la tensión aumente al valor requerido. Es necesario cambiar el motor. Esta actividad tarda aproximadamente 2 horas.	Patrón E 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	C	La carga no sube en la tercera velocidad	19	Coupling averiado.	Se registra daño del coupling que se encuentra entre el motor de carga y el reductor. Se requiere cambio de coupling. Tiempo promedio es de 5 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	C	La carga no sube en la tercera velocidad	20	Reductor averiado	Se registra una avería en la parte interna del reductor. Se requiere cambio. Tiempo promedio 12 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	D	La carga no desciende en la primera velocidad	1	Microswitch ca4 del mando aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc8 encargado de activar el motor para bajar la carga, el periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	D	La carga no desciende en la primera velocidad	2	Microswitch ca4 del mando averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc8 encargado de activar el motor para bajar la carga, se requiere cambio de microswitch. El periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	D	La carga no desciende en la primera velocidad	3	Contactador aislado. cc8	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor que permite el desplazamiento de la carga. El periodo de tiempo para su atención es de 0.30 hora.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	D	La carga no desciende en la primera velocidad	4	Contactador averiado. cc8	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc6 encargado del desplazamiento en la primera marcha de la carga producto de problemas en la bobina del contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	D	La carga no desciende en la primera velocidad	5	Contactador averiado. cc8	No hay voltaje de salida por lo tanto no se activa la parte del embobinado del motor encargado del desplazamiento de la carga producto de problemas en los platinos del contactor. Se requiere cambio de contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	D	La carga no desciende en la primera velocidad	6	Cometida eléctrica segunda velocidad aislada.	No hay salida de voltaje en el encauchetado que energiza la parte del embobinado del motor de carga de la segunda velocidad. Se requiere cambio de cableado eléctrico. Tiempo requerido 2 horas.	Patrón E 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	D	La carga no desciende en la primera velocidad	7	Encauchetado de potencia de la tercera velocidad aislado.	Se registra aislamiento en las líneas de voltaje que se dirigen al motor de carga. Se requiere reemplazar cableado. Tiempo promedio de 3 horas.	Patrón E 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	D	La carga no desciende en la primera velocidad	8	Rodamientos fisurados en el motor de carga.	El motor se bloquea debido a un fallo en sus rodamientos, impidiendo que la tensión aumente al valor requerido. Es necesario cambiar el motor. Esta actividad tarda aproximadamente 2 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	D	La carga no desciende en la primera velocidad	9	Coupling averiado.	Se registra daño del coupling que se encuentra entre el motor de carga y el reductor. Se requiere cambio de coupling. Tiempo promedio es de 5 horas.	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	D	La carga no desciende en la primera velocidad	10	Reductor averiado	Se registra una avería en la parte interna del reductor. Se requiere cambio. Tiempo promedio 12 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	E	La carga no desciende en la segunda velocidad	1	Microswitch ca5 del mando aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc8 encargado de activar el motor para bajar la carga, el periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	E	La carga no desciende en la segunda velocidad	2	Microswitch ca5 del mando averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc8 encargado de activar el motor para bajar la carga, se requiere cambio de microswitch. El periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	E	La carga no desciende en la segunda velocidad	3	Contactor cc8 aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor que permite el desplazamiento de la carga. El periodo de tiempo para su atención es de 0.30 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	E	La carga no desciende en la segunda velocidad	4	Contactor cc8 averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc6 encargado del desplazamiento en la primera marcha de la carga producto de problemas en la bobina del contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	E	La carga no desciende en la segunda velocidad	5	Contactor cc8 averiado.	No hay voltaje de salida por lo tanto no se activa la parte del embobinado del motor encargado del desplazamiento de la carga producto de problemas en los platinos del contactor. Se requiere cambio de contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	E	La carga no desciende en la segunda velocidad	6	Cometida eléctrica segunda velocidad aislada.	No hay salida de voltaje en el encauchetado que energiza la parte del embobinado del motor de carga de la segunda velocidad. Se requiere cambio de cableado eléctrico. Tiempo requerido 2 horas.	Patrón E 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	E	La carga no desciende en la segunda velocidad	7	Encauchetado de potencia de la tercera velocidad aislado.	Se registra aislamiento en las líneas de voltaje que se dirigen al motor de carga. Se requiere replazar cableado. Tiempo promedio de 3 horas.	Patrón E 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	E	La carga no desciende en la segunda velocidad	8	Rodamientos fisurados en el motor de carga.	El motor se bloquea debido a un fallo en sus rodamientos, impidiendo que la tensión aumente al valor requerido. Es necesario cambiar el motor. Esta actividad tarda aproximadamente 2 horas.	Patrón E 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	E	La carga no desciende en la segunda velocidad	9	Coupling averiado.	Se registra daño del coupling que se encuentra entre el motor de carga y el reductor. Se requiere cambio de coupling. Tiempo promedio es de 5 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	E	La carga no desciende en la segunda velocidad	10	Reductor averiado	Se registra una avería en la parte interna del reductor. Se requiere cambio. Tiempo promedio 12 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	F	La carga no desciende en la tercera velocidad	1	Microswitch ca6 del mando aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc8 encargado de activar el motor para bajar la carga, el periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	F	La carga no desciende en la tercera velocidad	2	Microswitch ca6 del mando averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc8 encargado de activar el motor para bajar la carga, se requiere cambio de microswitch. El periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	F	La carga no desciende en la tercera velocidad	3	Contactador cc8 aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor que permite el desplazamiento de la carga. El periodo de tiempo para su atención es de 0.30 hora.	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	F	La carga no desciende en la tercera velocidad	4	Contactor averiado. cc8	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor cc6 encargado del desplazamiento en la primera marcha de la carga producto de problemas en la bobina del contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	F	La carga no desciende en la tercera velocidad	5	Contactor averiado. cc8	No hay voltaje de salida por lo tanto no se activa la parte del embobinado del motor encargado del desplazamiento de la carga producto de problemas en los platinos del contactor. Se requiere cambio de contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	F	La carga no desciende en la tercera velocidad	6	Cometida eléctrica segunda velocidad aislada.	No hay salida de voltaje en el encauchetado que energiza la parte del embobinado del motor de carga de la segunda velocidad. Se requiere cambio de cableado eléctrico. Tiempo requerido 2 horas.	Patrón E 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	F	La carga no desciende en la segunda velocidad	7	Encauchetado de potencia de la tercera velocidad aislado.	Se registra aislamiento en las líneas de voltaje que se dirigen al motor de carga. Se requiere reemplazar cableado. Tiempo promedio de 3 horas.	Patrón E 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	F	La carga no desciende en la tercera velocidad	8	Rodamientos fisurados en el motor de carga.	El motor se bloquea debido a un fallo en sus rodamientos, impidiendo que la tensión aumente al valor requerido. Es necesario cambiar el motor. Esta actividad tarda aproximadamente 2 horas.	Patrón E 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	F	La carga no desciende en la tercera velocidad	9	Coupling averiado.	Se registra daño del coupling que se encuentra entre el motor de carga y el reductor. Se requiere cambio de coupling. Tiempo promedio es de 5 horas.	Patrón C 
3	Permitir movilizar la carga en ambos sentidos.	F	La carga no desciende en la tercera velocidad	10	Reductor averiado	Se registra una avería en la parte interna del reductor. Se requiere cambio. Tiempo promedio 12 horas.	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4	Iniciar equipo	el	A	El equipo no inicia.	1	Pulsador de inicio aislado	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor principal encargado de energizar todo el sistema, se requiere ajustar los bornes. El periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
4	Iniciar equipo	el	A	El equipo no inicia.	2	Pulsador de inicio averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor principal encargado de energizar todo el sistema, se requiere cambio de pulsador. El periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
4	Iniciar equipo	el	A	El equipo no inicia.	3	Contactor principal aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor principal que permite energizar todo el sistema. Se requiere ajustar sus bornes. El periodo de tiempo para su atención es de 0.30 horas.	Patrón C 
4	Iniciar equipo	el	A	El equipo no inicia.	4	Contactor principal averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor principal encargado de energizar todo el sistema producto de problemas en la bobina del contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 
4	Iniciar equipo	el	A	El equipo no inicia.	5	Contactor principal averiado.	No hay voltaje de salida por lo tanto no se energiza el sistema producto de problemas en los platinos del contactor. Se requiere cambio de contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora	Patrón C 
4	Iniciar equipo	el	A	El equipo no inicia.	6	Totalizador 100 amp 440 vac, aislado.	No hay Señal de potencia por lo tanto no se activa el contactor principal encargado de energizar todo el sistema, se requiere ajustar los bornes. El periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
4	Iniciar equipo	el	A	El equipo no inicia.	7	Totalizador 100 amp 440 vac, averiado.	No hay Señal de potencia por lo tanto no se activa el contactor principal encargado de energizar todo el sistema, se requiere remplazar el totalizador, periodo de tiempo para su atención es de 0,30 horas.	Patrón C 
4	Iniciar equipo	el	A	El equipo no inicia.	8	Totalizador 150 amperes 220 vac, aislado.	No hay Señal de potencia por lo tanto no se activa el contactor principal encargado de energizar todo el sistema, se	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

						requiere ajustar los bornes. El periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.		
4	Iniciar equipo	el	A	El equipo no inicia.	9	Totalizador 150 amperes 220 vac, averiado.	No hay Señal de potencia por lo tanto no se activa el contactor principal encargado de energizar todo el sistema, se requiere remplazar el totalizador, periodo de tiempo para su atención es de 0,30 horas.	Patrón C 
4	Iniciar equipo	el	A	El equipo no inicia.	10	Cometida 440v principal aislada.	No hay Señal de potencia por lo tanto no se activa el contactor principal encargado de energizar todo el sistema, se requiere remplazar el cableado principal, periodo de tiempo para su atención es de 8 horas.	Patrón C 
4	Iniciar equipo	el	A	El equipo no inicia.	11	Cometida 220v principal aislada.	No hay Señal de potencia por lo tanto no se activa el contactor principal encargado de energizar todo el sistema, se requiere remplazar el cableado principal, periodo de tiempo para su atención es de 4 horas.	Patrón C 
4	Iniciar equipo	el	A	El equipo no inicia.	12	Transformador 220-440 vac 45000 kva aislado.	No hay Señal de potencia por lo tanto no se activa el contactor principal encargado de energizar todo el sistema, se requiere ajustar bornes del transformador principal, periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 
4	Iniciar equipo	el	A	El equipo no inicia.	13	Transformador 220-440 vac 45000 kva averiado.	No hay Señal de potencia por lo tanto no se activa el contactor principal encargado de energizar todo el sistema, se requiere remplazar transformador principal, periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 
4	Iniciar equipo	el	A	El equipo no inicia.	14	Paro de emergencia aislado.	No hay Señal de potencia por lo tanto no se activa el contactor principal encargado de energizar todo el sistema, se requiere ajustar los bornes del paro de emergencia. Periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
4	Iniciar equipo	el	A	El equipo no inicia.	15	Paro de emergencia averiado.	No hay Señal de potencia por lo tanto no se activa el contactor principal encargado de energizar todo el sistema, se requiere remplazar el paro de	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

					emergencia, periodo de tiempo para su atención es de 0,30 horas.
--	--	--	--	--	--

4.2 APLICACIÓN DE RCM AL EQUIPO ELEVADOR.

Tabla 14. Aplicación de análisis de modo de falla equipo elevador de carga.

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA Y EFECTOS DE FALLA					
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFECTO	PATRON DE FALLA
1	Iniciar el equipo	A El equipo no inicia.	1 Pulsador de inicio aislado	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor principal encargado de energizar todo el sistema, se requiere ajustar los bornes. El periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
1	Iniciar el equipo	A El equipo no inicia.	2 Pulsador de inicio averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor principal encargado de energizar todo el sistema, se requiere cambio de pulsador. El periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
1	Iniciar el equipo	A El equipo no inicia.	3 Contactor principal aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor principal que permite energizar todo el sistema. Se requiere ajustar sus bornes El periodo de tiempo para su atención es de 0.30 horas.	Patrón C 
1	Iniciar el equipo	A El equipo no inicia.	4 Contactor principal averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor principal encargado de energizar todo el sistema producto de problemas en la bobina del contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 
1	Iniciar el equipo	A El equipo no inicia.	5 Contactor principal averiado.	No hay voltaje de salida por lo tanto no se energiza el sistema producto de problemas en los platinos del contactor. Se requiere cambio de contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1	Iniciar el equipo	A	El equipo no inicia.	6	Totalizador 150 amp 440 vac, aislado.	No hay Señal de potencia por lo tanto no se activa el contactor principal encargado de energizar todo el sistema, se requiere ajustar los bornes. El periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
1	Iniciar el equipo	A	El equipo no inicia.	7	Totalizador 150 amp 440 vac, averiado.	No hay Señal de potencia por lo tanto no se activa el contactor principal encargado de energizar todo el sistema, se requiere remplazar el totalizador, periodo de tiempo para su atención es de 0,30 horas.	Patrón C 
1	Iniciar el equipo	A	El equipo no inicia.	8	Sensor de compuerta externa aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor principal que permite energizar todo el sistema. Se requiere ajustar sus bornes. El periodo de tiempo para su atención es de 0.30 horas.	Patrón C 
1	Iniciar el equipo	A	El equipo no inicia.	9	Sensor de compuerta externa averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor principal encargado de energizar todo el sistema producto de problemas en el microswitche de la compuerta externa. Se requiere cambio, el periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 
1	Iniciar el equipo	A	El equipo no inicia.	10	Sensor de escotilla superior aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor principal que permite energizar todo el sistema. Se requiere ajustar sus bornes. El periodo de tiempo para su atención es de 0.30 hora.	Patrón C 
1	Iniciar el equipo	A	El equipo no inicia.	11	Sensor de escotilla superior averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor principal encargado de energizar todo el sistema producto de problemas en el microswitche de la compuerta externa. Se requiere cambio, el periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 
1	Iniciar el equipo	A	El equipo no inicia.	12	Sensor de compuerta interna aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor principal que permite energizar todo el sistema. Se requiere ajustar sus bornes. El periodo de tiempo para su atención es de 0.30 horas.	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1	Iniciar el equipo	A	El equipo no inicia.	13	Sensor de compuerta interna averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor principal encargado de energizar todo el sistema producto de problemas en el microswitch de la compuerta interna. Se requiere cambio, el periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 
1	Iniciar el equipo	A	El equipo no inicia.	14	Sensor de caída de fase de voltaje aislado	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor principal que permite energizar todo el sistema. Se requiere ajustar sus bornes. El periodo de tiempo para su atención es de 0.10 horas.	Patrón C 
1	Iniciar el equipo	A	El equipo no inicia.	15	Sensor de caída de fase de voltaje averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor principal encargado de energizar todo el sistema producto de problemas en el sensor de caída de fase mostrando una falla no existente. Se requiere cambio, el periodo de tiempo para su atención es de 0.20 horas.	Patrón C 
1	Iniciar el equipo	A	El equipo no inicia.	16	Ausencia de una fase de voltaje.	No hay señal de potencia en las líneas trifásicas producto de aislamiento en la cometa principal. Se requiere cambio de acometida principal del equipo. El periodo de tiempo para su atención es de 3 horas.	Patrón E 
1	Iniciar el equipo	A	El equipo no inicia.	17	Ausencia de una fase de voltaje.	No hay señal de potencia en las líneas trifásicas producto de aislamiento en la cometa principal. Se requiere ajustar bornes de las líneas principal del equipo. El periodo de tiempo para su atención es de 3 horas.	Patrón E 
1	Iniciar el equipo	A	El equipo no inicia.	18	Ausencia de una fase de voltaje.	No hay señal de potencia en las líneas trifásicas producto de aislamiento en los bornes del transformador. Se requiere limpiar y requintar los bornes del transformador. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón E 
1	Iniciar el equipo	A	El equipo no inicia.	19	Ausencia de una fase de voltaje.	No hay señal de potencia en las líneas trifásicas producto de aislamiento en el embobinado del transformador. Se requiere cambio de transformador principal. El periodo de tiempo	Patrón E 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

					para su atención es de 2 horas.		
2	Realizar desplazamientos.	A	El equipo no se desplaza a pisos superiores.	1	Mando aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor encargado de realizar el desplazamiento del equipo. Se requiere ajustar los bornes del mando. El periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos.	A	El equipo no se desplaza a pisos superiores.	2	Mando averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor encargado de realizar el desplazamiento del equipo. Se requiere remplazar el microswitche activado por el mando. El periodo de tiempo para su atención es de 0,20 horas.	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos.	A	El equipo no se desplaza a pisos superiores.	3	Contactor subir elevador aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor encargado de darle el sentido de giro hacia la derecha a los motores. Se requiere ajustar sus bornes. El periodo de tiempo para su atención es de 0.30 horas.	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos.	A	El equipo no se desplaza a pisos superiores.	4	Contactor subir elevador averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor encargado de darle el sentido de giro hacia la derecha a los motores encargado de energizar todo el sistema producto de problemas en la bobina del contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos.	A	El equipo no se desplaza a pisos superiores.	5	Contactor subir averiado.	No hay voltaje de salida por lo tanto no pasa las fases para energizar los motores producto de problemas en los platinos del contactor. Se requiere cambio de contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos.	A	El equipo no se desplaza a pisos superiores.	6	Térmico aislado.	No hay Señal de potencia por lo tanto no se activa los motores. Se requiere ajustar sus bornes. El periodo de tiempo para su atención es de 0.30 horas.	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2	Realizar desplazamientos.	A	El equipo no se desplaza a pisos superiores.	7	Térmico averiado.	No hay Señal de potencia por lo tanto no se activan los motores producto de daño del material térmico dando una mala señal y aislando las fases de potencia. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos.	A	El equipo no se desplaza a pisos superiores.	8	Contactador de electro freno aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor encargado de energizar las bobinas del electro freno dejando el equipo en paro y sobre esforzando los motores. Se requiere ajustar sus bornes. El periodo de tiempo para su atención es de 0.20 horas.	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos.	A	El equipo no se desplaza a pisos superiores.	9	Contactador de electro freno averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor encargado de energizar las bobinas del electro freno dejando el equipo en paro y sobre esforzando los motores. Se requiere cambiar la bobina del contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 0.20 horas.	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos.	A	El equipo no se desplaza a pisos superiores.	10	Switch del electro freno aislado	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor encargado de energizar las bobinas del electro freno dejando el equipo en paro y sobre esforzando los motores. Se requiere ajustar el microswitch. El periodo de tiempo para su atención es de 0.20 horas.	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos	A	El equipo no se desplaza a pisos superiores.	11	Switch del electro freno averiado	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor encargado de energizar las bobinas del electro freno dejando el equipo en paro y sobre esforzando los motores. Se requiere cambiar el microswitch. El periodo de tiempo para su atención es de 0.20 horas.	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos	A	El equipo no se desplaza a pisos superiores.	12	Convertidor ac- dc aislado.	No hay señal de potencia en el convertidor ac -dc encargado de energizar el electro freno. Se requiere ajustar sus bornes. El periodo de tiempo para su atención es de 0,20 horas.	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2	Realizar desplazamientos	A	El equipo no se desplaza a pisos superiores.	13	Convertidor ac-dc averiado.	No hay señal de potencia en el convertidor ac –dc encargado de energizar el electro freno. Se requiere cambiar el convertidor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos	A	El equipo no se desplaza a pisos superiores.	14	Celda de carga des calibrada.	Se registra una señal errada de peso bloqueado el equipo. Se requiere calibrar peso máximo del equipo. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos	A	El equipo no se desplaza a pisos superiores.	15	Celda de carga aislada.	No registra una señal de peso bloqueando el equipo. Se requiere reconectar y calibrar peso máximo del equipo. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos	A	El equipo no se desplaza a pisos superiores.	16	Celda de carga averiada.	No registra una señal de peso bloqueando el equipo. Se requiere cambiar celda de carga. El periodo de tiempo para su atención es de 3 horas.	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos	A	El equipo no se desplaza a pisos superiores.	17	Microswitche limitador superior aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor producto de falla del limitador superior. Se requiere ajustar los bornes del limitador, el periodo de tiempo para su atención es de 0,30 horas	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos	A	El equipo no se desplaza a pisos superiores.	18	Microswitche limitador superior averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor producto de falla del limitador superior. Se requiere cambiar el limitador, el periodo de tiempo para su atención es de 1 hora	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos	A	El equipo no se desplaza a pisos superiores.	19	Limitador ausencia de cremallera aislado	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor producto de falla del limitador final de cremallera. Se requiere ajustar los bornes del limitador, el periodo de tiempo para su atención es de 0,30 horas	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos	A	El equipo no se desplaza a pisos superiores.	20	Limitador ausencia de cremallera averiada.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor producto de falla del limitador final de cremallera. Se requiere cambiar el limitador, el periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2	Realizar desplazamientos	B	El equipo no se desplaza a pisos inferiores.	1	Mando aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor encargado de realizar el desplazamiento del equipo. Se requiere ajustar los bornes del mando. El periodo de tiempo para su atención es de 0,10 horas.	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos	B	El equipo no se desplaza a pisos inferiores.	2	Mando averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor encargado de realizar el desplazamiento del equipo. Se requiere remplazar el microswitche activado por el mando. El periodo de tiempo para su atención es de 0,20 horas.	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos	B	El equipo no se desplaza a pisos inferiores.	3	Contactor bajar elevador aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor encargado de darle el sentido de giro hacia la izquierda a los motores. Se requiere ajustar sus bornes. El periodo de tiempo para su atención es de 0.30 horas.	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos	B	El equipo no se desplaza a pisos inferiores.	4	Contactor bajar elevador averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor encargado de darle el sentido de giro hacia la izquierda a los motores encargado de energizar todo el sistema producto de problemas en la bobina del contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos	B	El equipo no se desplaza a pisos inferiores.	5	Contactor bajar elevador averiado.	No hay voltaje de salida por lo tanto no pasa las fases para energizar los motores producto de problemas en los platinos del contactor. Se requiere cambio de contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos	B	El equipo no se desplaza a pisos inferiores.	6	Térmico aislado.	No hay Señal de potencia por lo tanto no se activa los motores. Se requiere ajustar sus bornes. El periodo de tiempo para su atención es de 0.30 horas.	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos	B	El equipo no se desplaza a pisos inferiores.	7	Térmico averiado.	No hay Señal de potencia por lo tanto no se activan los motores producto de daño del material térmico dando una mala señal y aislando las fases de potencia. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2	Realizar desplazamientos	B	El equipo no se desplaza a pisos inferiores.	8	Contactador de electro freno aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor encargado de energizar las bobinas del electro freno dejando el equipo en paro y sobre esforzando los motores. Se requiere ajustar sus bornes. El periodo de tiempo para su atención es de 0.20 horas.	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos	B	El equipo no se desplaza a pisos inferiores.	9	Contactador de electro freno averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor encargado de energizar las bobinas del electro freno dejando el equipo en paro y sobre esforzando los motores. Se requiere cambiar la bobina del contactor. El periodo de tiempo para su atención es de 0.20 horas.	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos	B	El equipo no se desplaza a pisos inferiores.	10	Switche del electro freno aislado	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor encargado de energizar las bobinas del electro freno dejando el equipo en paro y sobre esforzando los motores. Se requiere ajustar el microswitche. El periodo de tiempo para su atención es de 0.20 horas.	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos	B	El equipo no se desplaza a pisos inferiores.	11	Switche del electro freno averiado	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor encargado de energizar las bobinas del electro freno dejando el equipo en paro y sobre esforzando los motores. Se requiere cambiar el microswitche. El periodo de tiempo para su atención es de 0.20 horas.	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos	B	El equipo no se desplaza a pisos inferiores.	12	Convertidor ac- dc aislado.	No hay señal de potencia en el convertidor ac –dc encargado de energizar el electro freno. Se requiere ajustar sus bornes. El periodo de tiempo para su atención es de 0,20 horas.	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos	B	El equipo no se desplaza a pisos inferiores.	13	Convertidor ac-dc averiado.	No hay señal de potencia en el convertidor ac –dc encargado de energizar el electro freno. Se requiere cambiar el convertidor. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2	Realizar desplazamientos	B	El equipo no se desplaza a pisos inferiores.	14	Microswitche limitador superior aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor producto de falla del limitador superior. Se requiere ajustar los bornes del limitador, el periodo de tiempo para su atención es de 0,30 horas	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos	B	El equipo no se desplaza a pisos inferiores.	15	Microswitche limitador inferior aislado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor producto de falla del limitador superior. Se requiere ajustar los bornes del limitador, el periodo de tiempo para su atención es de 0,30 horas	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos	B	El equipo no se desplaza a pisos inferiores.	16	Microswitche limitador inferior averiado.	No hay Señal de control por lo tanto no se activa el contactor producto de falla del limitador superior. Se requiere cambiar el limitador, el periodo de tiempo para su atención es de 1 hora	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos	C	El equipo no se desplaza en ningún sentido.	1	Falta de aislamiento en los motores.	El motor se bloquea debido a un fallo eléctrico por falla en sus bobinas, impidiendo que la tensión aumente al valor requerido. Es necesario cambiar el motor. El periodo de tiempo para su atención es de 10 horas.	Patrón E 
2	Realizar desplazamientos	C	El equipo no se desplaza en ningún sentido.	2	Rodamientos fisurados en los motores.	El motor se bloquea debido a un fallo por falla en sus rodamientos, impidiendo que la tensión aumente al valor requerido. Es necesario cambiar los rodamientos del motor. El periodo de tiempo para su atención es de 5 horas.	Patrón E 
2	Realizar desplazamientos	C	El equipo no se desplaza en ningún sentido.	3	Caja reductora averiada.	El reductor se bloquea debido a una fallo por falla en los piñones del reductor impidiendo que el equipo se desplace. Es necesario remplazar el reductor. El periodo de tiempo para su atención es de 8 horas.	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos	C	El equipo no se desplaza en ningún sentido.	4	Piñón conductor averiado.	El equipo no se desplaza debido a una fractura del piñón conductor a pesar que los motores y el reductor operan no se realiza una traslación de movimiento. Se requiere remplazar el piñón. El periodo de tiempo para su atención es de 5 horas.	Patrón C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2	Realizar desplazamientos	C	El equipo no se desplaza en ningún sentido.	5	Freno mecánico de caída libre activado.	El freno se activa bloqueando el movimiento del equipo. Se requiere reiniciar el freno de caída libre. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora.	Patrón C 
2	Realizar desplazamientos	B	El equipo no se desplaza a pisos inferiores.	6	Freno mecánico de caída libre averiado.	El freno se activa bloqueando el movimiento del equipo y no permite su inicio nuevamente. Se requiere reemplazar el freno de caída libre. El periodo de tiempo para su atención es de 5 horas.	Patrón C 

4.3 DIAGRAMA DE DECISIÓN DE RCM

El diagrama de decisión es la integración de consecuencias y tareas, reuniendo todos los procesos de decisión en una sola estructura y se aplica a cada uno de los modos de falla teniendo en cuenta el criterio para responder las tres últimas preguntas del RCM (ver figura18):

¿Importa si falla? Consecuencias de la falla.

¿Puede hacerse algo para predecir o prevenir la falla?

¿Qué hacer si no se puede predecir o prevenir la falla? (Jaramillo, 2013).

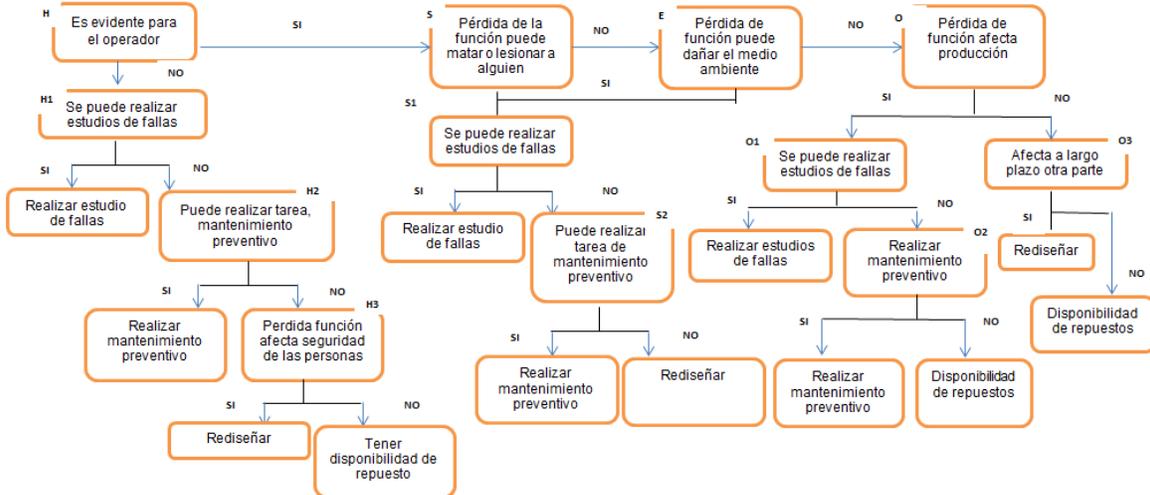


Figura 19, Diagrama de decisión RCM, (Álvarez, 2015)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.3.1 Contenido de la hoja de decisión

La hoja de decisión es un documento que permite plasmar las respuestas a las preguntas que formula el diagrama de decisión y permite concluir:

- Que mantenimiento de rutina se realizará, con qué frecuencia y quien es el responsable
- Si la falla justifica un rediseño.
- No hacer nada, esperar a que la falla ocurra.

La hoja de decisión tiene 16 columnas, las tres primeras son para identificar el modo de falla, las siguientes diez columnas hacen referencia a las preguntas del diagrama de decisión y las últimas tres son para colocar la tarea proactiva sugerida, el responsable, la frecuencia de ejecución, o si no es posible una tarea se debe registrar si requiere un rediseño (ver tabla 15).

Tabla 15. Formato hoja de decisión

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas propuestas	Frecuencia inicial
F	FF	FM	H	S	E	O					

Tabla 16. Hoja de decisión torre grúa tc 5010

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas propuestas	Frecuencia inicial
F	FF	FM	H	S	E	O					
1	A	1	S	N	N	S	S		Realizar un ajuste de bornes periódicamente.	Mensual	
1	A	2	S	N	N	S	S		Realiza inspección con equipo de medición de continuidad periódicamente.	Mensual	
1	A	3	S	N	N	S	S		Realizar un ajuste de bornes periódicamente.	Mensual	
1	A	4	S	N	N	S	S		Realizar medida de continuidad en bobina de contactor periódicamente.	Mensual	
1	A	5	S	N	N	S	S		Realizar desarme y limpieza interna del contactor verificando puntos de agrietamiento.	Trimestral	

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas propuestas	Frecuencia inicial
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3		
							O1	O2	O3		
1	A	6	S	N	N	S	S			Realizar desmontaje del motor y realizar mantenimiento de éste.	Bienal
1	A	7	N				S			Realizar una inspección mediante ultrasonido para escuchar posibles roces internos para identificar posibles fallas.	A condición
1	A	8	S	N	N	S	S			Realizar una rutina de medición de vibraciones al equipo.	trimestral
1	A	9	N				S			Realizar una demarcación del cableado antes de realizar una desconexión eléctrica.	A condición
1	A	10	N				S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad periódicamente.	Mensual
1	B	1	S	N	N	N			N	Realiza inspección con equipo de medición de continuidad periódicamente.	Mensual
1	B	2	S	N	N	N			N	Realizar un ajuste de bornes periódicamente.	Mensual
1	B	3	N				N	N	N	Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto de Convertidor ac/dc.	N/A
1	B	4	S	N	N	N			N	Realizar medida de continuidad en bobina de contactor periódicamente.	Mensual
1	B	5	S	N	N	N			N	Realizar desarme y limpieza interna del contactor verificando puntos de agrietamiento en platinos.	Trimestral
1	B	6	N				N			Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto de bobina de electrofreno.	N/A
1	B	7	N				S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
1	B	8	N				N	N	N	Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto de transformador de control.	N/A

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1	H2 S2	H3 S3	Tareas propuestas	Frecuencia inicial
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3		
							N1	N2	N3		
1	B	9	N				S			Realizar un ajuste de bornes periódicamente.	Mensual
2	A	1	S	N	N	S	S			Realizar un ajuste de bornes periódicamente.	Mensual
2	A	2	S	N	N	S	N	N		Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto de switch limitador	N/A
2	A	3	S	N	N	S	S			Realizar un ajuste de bornes periódicamente.	Mensual
2	A	4	S	N	N	S	S			Realizar medida de continuidad en bobina de contactor periódicamente.	Mensual
2	A	5	S	N	N	S	S			Realizar desarme y limpieza interna del contactor verificando puntos de agrietamiento en platinos.	Trimestral
2	A	6	N				S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
2	A	7	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
2	A	8	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
2	A	9	S	N	N	S	S			Realiza calibración de limitador.	Trimestral
2	B	1	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
1	A	6	S	N	N	S	S			Realizar desmontaje del motor y realizar mantenimiento de éste.	Bienal
1	A	7	N				S			Realizar una inspección mediante ultrasonido para escuchar posibles roces internos para identificar posibles fallas.	A condición
1	A	8	S	N	N	S	S			Realizar una rutina de medición de vibraciones al equipo.	trimestral
1	A	9	N				S			Realizar una demarcación del cableado antes de realizar una desconexión eléctrica.	A condición
1	A	10	N				S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad periódicamente.	Mensual
1	B	1	S	N	N	N			N	Realiza inspección con equipo de medición de continuidad periódicamente.	Mensual

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas propuestas	Frecuencia inicial
F	FF	FM	H	S	E	O					
2	B	2	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
2	B	3	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
2	B	4	S	N	N	S	S			Realizar medida de continuidad en bobina de contactor.	Mensual
2	B	5	S	N	N	S	S			Realizar desarme y limpieza interna del contactor verificando puntos de agrietamiento en platinos.	3 meses
2	B	6	N				S	S	N	Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
2	B	7	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
2	B	8	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
2	B	9	S	N	N	S	S			Realizar calibración de limitador.	Trimestral
2	C	1	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
2	C	2	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
2	C	3	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
2	C	4	S	N	N	S	S			Realizar medida de continuidad en bobina de contactor.	Mensual
2	C	5	S	N	N	S	S			Realizar desarme y limpieza interna del contactor verificando puntos de agrietamiento en platinos.	Trimestral
2	C	6	N				S	S	N	Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
2	C	7	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
2	C	8	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
2	C	9	S	N	N	S	S			Realizar calibración de limitador.	Trimestral
2	D	1	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
2	D	2	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
2	D	3	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
2	D	4	S	N	N	S	S			Realizar medida de continuidad en bobina de contactor.	Mensual

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas propuestas	Frecuencia inicial
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3		
							N1	N2	N3		
2	D	5	S	N	N	S	S			Realizar desarme y limpieza interna del contactor verificando puntos de agrietamiento en platinos.	Trimestral
2	D	6	N				S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
2	D	7	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
2	D	8	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
2	D	9	S	N	N	S	S			Realizar calibración de limitador.	Trimestral
2	E	1	S	N	N	S	N	N		Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar alambre de acero 150 mt en almacén	N/A
2	E	2	S	N	N	S	S			Realizar una inspección mediante ultrasonido para escuchar posibles roces internos para identificar posibles fallas.	A condición
2	E	3	N				S			Realizar una demarcación del cableado antes de realizar una desconexión eléctrica.	A condición
3	A	1	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
3	A	2	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
3	A	3	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
3	A	4	S	N	N	S	S			Realizar medida de continuidad en bobina de contactor.	Mensual
3	A	5	S	N	N	S	S			Realizar desarme y limpieza interna del contactor verificando puntos de agrietamiento en platinos.	Trimestral
3	A	6	N				S	S	N	Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
3	A	7	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
3	A	8	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
3	A	9	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
3	A	10	S	N	N	S	S			Realizar calibración de limitador.	Trimestral

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas propuestas	Frecuencia inicial
F	FF	FM	H	S	E	O					
3	A	11	S	N	N	S	N	N		Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto en inventario.	N/A
3	A	12	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
3	A	13	S	N	N	S	N	N		Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto en inventario.	N/A
3	A	14	N				S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
3	A	15	N				N	N	N	Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto en inventario.	N/A
3	A	16	N				N	N	N	Ningún mantenimiento programado.	N/A
3	A	17	N				S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
3	A	18	S	N	N	S	S			Realizar una inspección mediante ultrasonido para escuchar posibles roces internos para identificar posibles fallas.	A condición
3	A	19	S	N	N	S	S			Realizar una inspección visual para comprobar el buen estado del coupling.	Mensual
3	A	20	S	N	N	S	S			Realizar una inspección mediante ultrasonido para escuchar posibles roces internos para identificar posibles fallas.	A condición
3	B	1	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
3	B	2	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
3	B	3	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
3	B	4	S	N	N	S	S			Realizar medida de continuidad en bobina de contactor.	Mensual
3	B	5	S	N	N	S	S			Realizar desarme y limpieza interna del contactor verificando puntos de agrietamiento en platinos.	trimestral
3	B	6	N				S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
3	B	7	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1	H2 S2	H3 S3	Tareas propuestas	Frecuencia inicial
F	FF	FM	H	S	E	O	O1 N1	O2 N2	O3 N3		
3	C	5	S	N	N	S	S			Realizar desarme y limpieza interna del contactor verificando puntos de agrietamiento en platinos.	Trimestral
3	C	6	N				S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
3	C	7	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
3	C	8	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
3	C	9	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
3	C	10	S	N	N	S	S			Realizar calibración de limitador.	Trimestral
3	C	11	S	N	N	S	N	N		Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto en inventario.	N/A
3	C	12	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
3	C	13	S	N	N	S	N	N		Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto en inventario.	N/A
3	C	14	N				S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
3	C	15	N				N	N	N	Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto en inventario.	N/A
3	C	16	N				N	N	N	Ningún mantenimiento programado	N/A
3	C	17	N				S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual
3	C	18	S	N	N	S	S			Realizar una inspección mediante ultrasonido para escuchar posibles roces internos para identificar posibles fallas.	A condición
3	C	19	S	N	N	S	S			Realizar una inspección visual para comprobar el buen estado del coupling.	MENSUAL
3	C	20	S	N	N	S	S			Realizar una inspección mediante ultrasonido para escuchar posibles roces internos para identificar posibles fallas.	A condición
3	D	1	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas propuestas	Frecuencia inicial
F	FF	FM	H	S	E	O					
3	D	2	S	N	N	S	S		Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual	
3	D	3	S	N	N	S	S		Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual	
3	D	4	S	N	N	S	S		Realiza inspección con equipo de medición de continuidad en la bobina.	Mensual	
3	D	5	S	N	N	S	S		Realizar desarme y limpieza interna del contactor verificando puntos de agrietamiento en platinos.	Trimestral	
3	D	6	N				S		Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual	
3	D	7	N				S		Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual	
3	D	8	S	N	N	S	S		Realizar una inspección mediante ultrasonido para escuchar posibles roces internos para identificar posibles fallas.	A condición	
3	D	9	S	N	N	S	S		Realizar una inspección visual para comprobar el buen estado del coupling.	Mensual	
3	D	10	S	N	N	S	S		Realizar una inspección mediante ultrasonido para escuchar posibles roces internos para identificar posibles fallas.	A condición	
3	E	1	S	N	N	S	S		Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual	
3	E	2	S	N	N	S	S		Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual	
3	E	3	S	N	N	S	S		Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual	
3	E	4	S	N	N	S	S		Realiza inspección con equipo de medición de continuidad en la bobina.	Mensual	
3	E	5	S	N	N	S	S		Realizar desarme y limpieza interna del contactor verificando puntos de agrietamiento en platinos.	Trimestral	
3	E	6	N				S		Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual	
3	E	7	N				S		Realiza inspección con equipo de medición de continuidad.	Mensual	

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas propuestas	Frecuencia inicial
F	FF	FM	H	S	E	O					
1	A	1	S	N	N	S	S		Realiza inspección con equipo de medición de continuidad. Y dar ajuste a bornes eléctrico del pulsador de inicio.	Mensual	
1	A	2	S	N	N	S	N	N	Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto en inventario.	A condición	
1	A	3	S	N	N	S	S		Realiza inspección con equipo de medición de continuidad. Y dar ajuste a bornes eléctrico del contactor principal.	Mensual	
1	A	4	S	N	N	S	S		Realiza inspección con equipo de medición de continuidad a la bobina del contactor principal tomar registro de resistencia para verificar modificaciones de resistencia.	Mensual	
1	A	5	S	N	N	S	S		Realizar desarme y limpieza interna del contactor verificando puntos de agrietamiento en platinos.	Trimestral	
1	A	6	S	N	N	S	S		Realiza inspección con equipo de medición de continuidad. Y dar ajuste a bornes eléctricos del totalizador 150 amperes.	Mensual	
1	A	7	S	N	N	S	N	N	Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto en inventario.	A condición	
1	A	8	S	N	N	S	S		Realiza inspección con equipo de medición de continuidad. Y dar ajuste a bornes eléctrico del sensor de compuerta abierta externa.	Mensual	
1	A	9	S	N	N	S	N	N	Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto en inventario.	A condición	
1	A	10	S	N	N	S	S		Realiza inspección con equipo de medición de continuidad. Y dar ajuste a bornes eléctrico del sensor de compuerta abierta superior.	Mensual	
1	A	11	S	N	N	S	N	N	Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto en inventario.	A condición	
1	A	12	S	N	N	S	S		Realiza inspección con equipo de medición de continuidad. Y dar ajuste a bornes eléctrico del sensor de compuerta abierta interna.	Mensual	
1	A	13	S	N	N	S	N	N	Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto en inventario.	A condición	

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas propuestas	Frecuencia inicial
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3		
							O1	O2	O3		
1	A	14	N				S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad. Y dar ajuste a bornes eléctrico del sensor caída de fase.	Mensual
1	A	15	N				N	N	N	Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto en inventario.	A condición
1	A	16	N				S			Realizar inspección visual mirando rupturas o golpes en la acometida eléctrica principal.	Mensual
1	A	17	N				S			Realizar inspección visual mirando rupturas o golpes en la acometida eléctrica secundaria.	Mensual
1	A	18	N				S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad. Y dar ajuste a bornes eléctrico del transformador principal.	Mensual
1	A	19	N				S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad realizando registro de medida de ohmios.	Mensual
2	A	1	S	N	N	S	S			Dar ajuste a bornes eléctrico del mando del equipo.	Mensual
2	A	2	S	N	N	S	N	N		Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto en inventario.	A condición
2	A	3	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad. Y dar ajuste a bornes eléctrico del contactor subir.	Mensual
2	A	4	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad a la bobina del contactor principal tomar registro de resistencia para verificar modificaciones de resistencia.	Mensual
2	A	5	S	N	N	S	S			Realizar desarme y limpieza interna del contactor verificando puntos de agrietamiento en platinos.	Trimestral
2	A	6	S	N	N	S	S			Realiza inspección con equipo de medición de continuidad. Y dar ajuste a bornes eléctrico del térmico.	Mensual
2	A	7	S	N	N	S	N	N		Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto en inventario.	A condición

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas propuestas	Frecuencia inicial
F	FF	FM	H	S	E	O					
2	B	13	N				N	N	N	Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto en inventario.	A condición
2	B	14	S	N	N	S	S			Realizar recalibración del equipo.	Semestral
2	B	15	S	N	N	S	N	N		Ningún mantenimiento programado	A condición
2	B	16	S	N	N	S	N	N		Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto en inventario.	A condición
2	C	1	N			S	S			Realizar una inspección mediante megóhmetro para visualizar averías en el aislamiento del motor.	trimestral
2	C	2	S	N	N	S	S			Realizar una inspección mediante ultrasonido para escuchar posibles roces internos para identificar posibles fallas.	A condición
2	C	3	N				S			Realizar una inspección mediante ultrasonido para escuchar posibles roces internos para identificar posibles fallas.	A condición
2	C	4	N				S			Realizar inspección visual verificando grietas en el material.	mensual
2	C	5	S	N	N	N			N		N/A
2	C	6	S	N	N	N			N	Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto en inventario.	A condición

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5.CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

- El análisis realizado permitió evidenciar el abandono en el que se encuentran los equipos y la importancia de la implementación del plan de mantenimiento para la mejora de la disponibilidad de los equipos.
- Se evitan los overhaul con sus respectivos costos elevados pues se requería reemplazo de partes en buen estado, un paro prolongado del equipo y la necesidad de equipo especializado para el cambio de algunas piezas.
- La elaboración de este trabajo permitió identificar todas aquellas fallas que en algún momento se pudieran presentar a lo largo de la vida productiva del equipo, lo que garantiza una rápida y temprana detección de posibles futuras fallas en los sistemas e indica que tipo de actividad se debería realizar en caso de que ello sucediera.
- Se logró evidenciar la importancia de llevar un control sistematizado de la información de los equipos para poder dar un control más oportuno a los equipos.
- Como trabajo futuro se puede diseñar una estrategia basada en la metodología de RCM para los momentos de telescopaje del equipo el cual no fue tenido en cuenta en este trabajo

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

- Aba. (1 de Septiembre de 2015). *ABA*. Recuperado el 14 de Mayo de 2017, de ABA: <https://www.abaconsultores.com.mx/2015/09/01/mantenimiento-aut%C3%B3nomo-o-jishu-hozen/>
- Aguilar, J. R. (2010). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. *Redalyc*, 2-6.
- Apsoluti Group. (2 de Enero de 2015). *Apsolutie*. Recuperado el 18 de Mayo de 2017, de Apsolutie: <http://www.ceroaverias.com/encyclopedia/centroTPM/mantenimientocalidad.htm>
- Araujo, R. A. (12 de Agosto de 2014). *Optimizacion de procesos productivos bajo tecnicas de ingenieria*. Recuperado el 23 de Mayo de 2017, de Optimizacion de procesos productivos bajo tecnicas de ingenieria : <http://www.ingenieriamantenimiento.org/mantenimiento-predictivo/>
- Arequipa, A. (12 de Febrero de 2016). *Aceros Arequipa*. Recuperado el 2 de Mayo de 2017, de Aceros Arequipa: <http://www.acerosarequipa.com/construccion-de-viviendas/construccion-de-viviendasaprende-linea/construccion-de-viviendasboletin-construyendo/edicion-15/construccion-de-viviendasboletin-construyendoedicion-15siempre-seguros-grua-torre.html>
- Calva, V. M. (2017). Manual Guia para el desarrollo del analisis de modo y efecto de falla. *CEMA*, 2-16.
- Cardemil, M. S. (21 de Marzo de 2011). Clasificación de los sistemas de informacion. Chile: Universidad Austral de Chile.
- Castellanos, L. (11 de Julio de 2009). *Wordpress*. Recuperado el 10 de Abril de 2017, de Wordpress: <https://desarrollodesistemas.wordpress.com/tag/mantenimiento-de-sistemas/>
- Castro, E. C. (2006). *Proceso de Codificación de Equipos y Aplicación del Sistema SAP en la Gestión del Mantenimiento*. Chile: Universidad Austral de Chile.
- construequipos. (5 de Mayo de 2017). *Manual de seguridad para torre gruas*. Recuperado el 25 de Mayo de 2017, de <http://www.construdata.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/manualdeseguridadtorregruas.pdf>
- Duardo, E. Z. (23 de Julio de 2007). *Gestiopolis*. Recuperado el 15 de Junio de 2017, de Gestiopolis: <https://www.gestiopolis.com/gestion-mantenimiento-asistido-computador-gmac/>
- Ejemplo de Orden de trabajo. (14 de Noviembre de 2011). *Ejemplo de Orden de trabajo*. Recuperado el 20 de Julio de 2017, de Ejemplo de Orden de trabajo: http://www.ejemplode.com/11-escritos/1946-ejemplo_de_orden_de_trabajo.html

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Federacion Latinoamericana Para la Calidad. (2 de Diciembre de 2003). *Herramientas para el Análisis, Cuantitativo y Cualitativo*. Recuperado el 10 de Abril de 2017, de Herramientas para el Análisis, Cuantitativo y Cualitativo,: http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/herramientas_calidad/editorial.htm
- Fibertel, J. (15 de Noviembre de 2007). *Gestiopolis*. Recuperado el 12 de Junio de 2017, de <https://www.gestiopolis.com/rcm-mantenimiento-centrado-en-confiabilidad/>
- Garrido, S. G. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid: Diaz de Santos.
- Garrido, S. G. (2012). *Manual del ingeniero de mantenimiento*. Facilities Management.
- Guzman, J. O. (12 de Abril de 2014). *Transcripción de Mantenimiento Progresivo o Planificado (Keikaku Hozen)*. Recuperado el 19 de mayo de 2017, de Transcripción de Mantenimiento Progresivo o Planificado (Keikaku Hozen): <https://prezi.com/vfaafhczpjd/mantenimiento-progresivo-o-planificado-keikaku-hozen/>
- Icicm. (2015). *Icicm*. Recuperado el 29 de Julio de 2017, de Icicm: <http://www.icicm.com/files/CurAMEF.pdf>
- Isaza, J. F. (15 de Julio de 2016). Corona torr grua tc 5010-4. Medellin, Antioquia, Colombia.
- Ishikawa. (1943). *Diagrama Causa-Efecto*. Recuperado el 24 de Julio de 2017, de gerenciaprososucb.pbworks.com
- Jaramillo. (2013). RCM 2. En *RCM 2*. Medellin: soporte y cia Ltda.
- Juan Diego Álvarez Herrera, O. M. (2015). *ESTRATEGIA RCM APLICADA A LA CENTRAL DE TENSIÓN DEL SISTEMA METROCABLE LK. TESIS*. Medellin, Antioquia, Colombia.
- kobetsu-kaizen. (2 de Junio de 2014). *prezzi*. Recuperado el 2017 de Mayo de 18, de [prezzi](https://prezi.com/vtccznrygvam/mejoras-enfocadas-kobetsu-kaizen/): <https://prezi.com/vtccznrygvam/mejoras-enfocadas-kobetsu-kaizen/>
- Mancera, M. R. (19 de Abril de 2009). *Slideshare*. Recuperado el 15 de Marzo de 2017, de Slideshare: <https://es.slideshare.net/manceramr/listas-de-chequeo>
- Mantenimiento Mundial. (2011). *Mantenimiento Mundial*. Recuperado el 7 de Abril de 2017, de www.mantenimientomundial.com/sites/mm/definiciones.asp
- Merino, J. P. (1 de Enero de 2012). *Definicion*. Recuperado el 7 de Abril de 2017, de Definicion: <http://definicion.de/gestion/>
- Moubray, J. (2014). Otras versiones de RCM? . *Soporteycia*, 4-10.
- Palencia, O. G. (2006). *SEMINARIO DE GESTIÓN MODERNA*. Colombia.
- Park, A. (2012). *Manual Del Ingeniero De Mantenimiento*. Facilities Management.
- Parra, M. C. (2012). *Técnicas de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicadas en el proceso de Gestión de Activos*. . Sevilla: Ingeman.
- Real Academia Española. (2016). *Diccionario de la lengua española*. Madrid: Real Academia Española.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Reliabilityweb. (20 de Enero de 2017). *Reliabilityweb*. Recuperado el 12 de Abril de 2017, de Reliabilityweb: <http://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/el-camino-hacia-el-rcm>
- Renovetec. (2009). *Ingeniería de mantenimiento*. Madrid: Renovetec.
- Renovetec. (2013). *Ingeniería del mantenimiento vol1*. Madrid: Renovetec.
- Salazar, A. I. (2016). Administración del mantenimiento. *Tecnológico Nacional de Mexico*, 3.
- Servicio Nacional de Aprendizaje. (14 de Mayo de 2014). *Servicio Nacional de Aprendizaje*. Recuperado el 12 de Junio de 2017, de http://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#
- Seta, L. D. (29 de Diciembre de 2008). *Dos ideas*. Recuperado el 10 de Abril de 2017, de Dos ideas: <https://dosideas.com/noticias/metodologias/366-la-tecnica-de-los-5-porque>
- Siafa. (2 de Abril de 2003). *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*. Recuperado el 14 de Abril de 2017, de Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo: <http://www.siafa.com.ar/notas/nota125/arbhol.htm>
- Silva, M. S. (2010). *Introducción a la confiabilidad y evaluación de riesgos. Teoría y aplicaciones en ingeniería*. Bogota: Universidad de los Andes.
- Spi, L. (6 de Noviembre de 2009). *Prezy*. Recuperado el 12 de Marzo de 2017, de Prezy: <https://prezi.com/hoxkz8ss3kso/hoja-de-vida-de-equipos-industriales/>
- Yusxy Pantojo, E. V. (15 de Agosto de 2017). *Slideshare*. Recuperado el 12 de Marzo de 2017, de Slideshare: <https://es.slideshare.net/Dabyus/codificacin-de-equipos>
- Zoomlion . (15 de Marzo de 2016). manual instructivo tc 5010-4. Chansha, chansha, China.
- Zoomlion. (2016). *Manual de operacion BWM-3I*. Changai: Zoomlion.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES _____ _____ _____	
FIRMA ASESOR _____	
FECHA ENTREGA: _____	

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____	
RECHAZADO__ ACEPTADO____ ACEPTADO CON MODIFICACIONES_____	
ACTA NO. _____ FECHA ENTREGA: _____	

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____	
ACTA NO. _____ FECHA ENTREGA: _____	