 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

ESTRATEGIA RCM APLICADA A LA CENTRAL DE TENSIÓN DEL SISTEMA DE CABLES AÉREOS LINEA J

Juan Carlos Gaviria Restrepo

Ingeniería Electromecánica

Director(es) del trabajo de grado


Carlos Alberto Acevedo Álvarez, IM.

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

Facultad de Ingenierías

Ingeniería Electromecánica

Marzo 2017

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14


RESUMEN

El proyecto busca identificar cada uno de los componentes de la central de tensión del sistema de cables aéreos línea J del Metro de Medellín, funciones y fallas que pueden presentar para definir el tipo de tareas a realizar, actualizar las rutinas de mantenimiento que están por fuera de los estándares de costo-efectividad y no garantizan la confiabilidad del activo ni su disponibilidad, a través de la estrategia del RCM2 aplicada en esta central de tensión, para garantizar la disponibilidad del equipo durante la operación comercial

En la actualidad en el sistema Metrocable se programan mantenimientos mayores, es decir, un mantenimiento que involucra la sustitución y verificación de equipos de alta importancia para mantener la operación comercial del sistema Metrocable, de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes. En el caso específico de la central de tensión, se ha logrado evidenciar que, bajo nuestro contexto operacional, algunas de las recomendaciones del fabricante no aplican, pues, algunos componentes se han encontrado en excelentes condiciones, otros presentan deterioros imprevistos, faltan repuestos, modos de falla no identificados y sobrecostos por contratistas extranjeros.

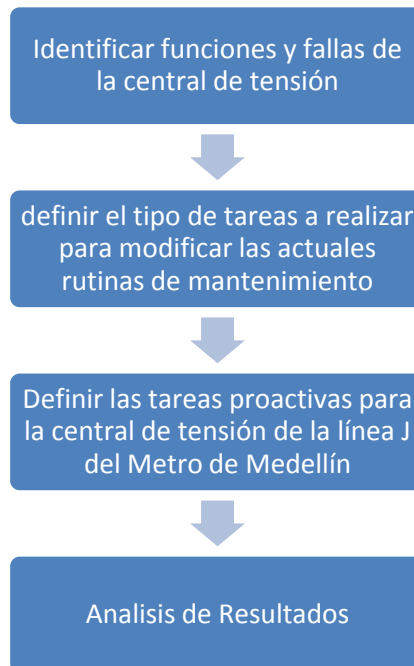
La estrategia del RCM2 aplicada a la central de tensión del sistema Metrocable línea J del metro de Medellín, busca garantizar la disponibilidad del equipo durante la operación comercial, puesto que una afectación dejaría a miles de usuarios de la zona Nororiental de la ciudad sin transporte diario (mínimamente una semana), causaría pérdidas económicas a la organización e impactaría su modelo de inclusión social de manera drástica

Mediante esta estrategia aplicada al sistema de tensión del Metrocable línea J, se busca con el proyecto, identificar todos los componentes de la central de tensión de la línea J del Metro de Medellín, sus funciones y fallas para definir el tipo de tareas a realizar para modificar las actuales rutinas de mantenimiento que están por fuera de los estándares de

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14


costo-efectividad y no garantizan la confiabilidad del activo ni su disponibilidad, por lo tanto, es indispensable diseñar e implementar la estrategia RCM en la central de tensión de la línea J, con rediseño de las rutinas de mantenimiento, aumentar la confiabilidad y formular las diferentes averías que puede presentar el sistema que permita minimizar las pérdidas económicas y afectaciones a los usuarios de la zona nor-occidental de la ciudad.

ESQUEMA METODOLÓGICO A UTILIZAR EN EL PROYECTO



Al finalizar el proyecto, se deben evaluar todas las hojas de ruta alimentadoras del sistema SAP, y garantizar la comunicación de los cambios en las mismas al personal del área de cables aéreos, así como la gestión de insumos.

Palabras clave: RCM2, Central de tensión, lorry (carro de tensión), usuarios, fallas funcionales, modos de falla, consecuencias de falla, tareas proactivas, rutinas de mantenimiento, contexto operacional.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

RECONOCIMIENTOS

El Autor expresa su agradecimiento a:


Carlos Alberto Acevedo Álvarez, docente titular 1, Ingeniero Mecánico, asesor del trabajo de grado, por su apoyo en la realización del mismo.

Jorge Alberto Ramos Jefe del Área de Cables Aéreos del Metro de Medellín, Ingeniero Mecánico, por su disposición para gestionar los recursos humanos y económicos para el desarrollo del proyecto.

Uriel Darío Jaramillo Ingeniero en instrumentación y control, Alexander Trujillo Vásquez Ingeniero Mecánico, Hernan Osorno Giraldo Ingeniero Mecánico y; profesionales 1 del Área de Cables Aéreos, por su participación activa y la disposición de espacios para el estudio de los activos físicos objetos de la estrategia.

Mauricio González Martínez y Sergio Alonso Londoño Restrepo, Integrantes del grupo de mantenimiento centrado en la Confiabilidad por sus aportes y tiempo dispuesto en este trabajo.

A mis familiares por el esfuerzo y comprensión.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

ACRÓNIMOS

<i>Símbolo</i>	<i>Término</i>
ATA	Transport Association of America.
daN	deca-newton - 101 newton
Lorry	Carro que transporta y soporta el sistema de tensión
L J	Línea J del sistema Metrocable.
LK	Línea K del sistema Metrocable.
EN	Esfuerzo nominal
PN	Presión Nominal
SAE JA1011,	Norma que se estipula en la metodología RCM2
RCM2	Mantenimiento centrado en la confiabilidad aplicado a la industria fuera de la aviación.




 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

TABLA DE CONTENIDO


1	INTRODUCCIÓN	10
1.1	Generalidades	10
1.2	Objetivos	11
1.2.1	Objetivo general.....	11
1.2.2	Objetivos específicos.....	11
1.3	Organización de la tesis.....	12
2	MARCO TEÓRICO.....	14
2.1	Antecedentes del RCM.....	14
2.2	La historia del RCM.....	15
2.3	La evolución de la RCM2	17
2.4	Otros cambios incorporados al RCM2.....	18
2.5	Mantenimiento y RCM	19
2.5.1	RCM: Las siete preguntas básicas.....	20
2.5.1.1	¿Cuáles son sus funciones y estándares de funcionamiento relacionados (qué quiere el usuario que haga en su contexto)?.....	20
2.5.1.2	¿De qué formas puede fallar? Fallas funcionales.....	21
2.5.1.3	¿Qué causa que falle? Modos de falla	21
2.5.1.4	¿Qué sucede cuando falla? Efectos de la falla	21
2.5.1.5	¿Importa si falla? Consecuencias de la falla.....	22
2.5.1.6	RCM clasifica las consecuencias de las fallas en cuatro grupos:.....	22
2.5.1.7	¿Puede hacerse algo para predecir o prevenir la falla?.....	23
2.5.1.8	¿Qué hacer si no se puede predecir o prevenir la falla?.....	24
2.6	La metodología RCM	26
2.7	Funciones y parámetros de funcionamiento.	27
2.7.1	Funciones Primarias	28
2.7.2	Funciones secundarias	28
2.7.3	Funciones	28
2.7.3.1	Describiendo Funciones	28

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

2.7.3.2	Estándares de funcionamiento	29
2.7.4	El contexto Operacional	29
2.7.5	Fallas funcionales	29
2.8	Modos de falla.....	30
2.9	Los efectos de falla	31
2.10	Categoría de consecuencias	31
2.11	Diferencia entre efectos y consecuencias de falla	32
2.12	Diferencia entre falla funcional y modos de falla	32
2.13	Fallas ocultas	32
2.13.1	Según el estado del activo.....	33
2.13.1.1	Mantenimiento Operacional.....	34
2.13.1.2	Mantenimiento Mayor	34
2.13.2	Según las actividades realizadas:	35
2.13.2.1	Mantenimiento Preventivo	35
2.13.2.2	Mantenimiento Correctivo.....	35
2.13.2.3	Mantenimiento Predictivo	36
2.13.2.4	Mantenimiento Proactivo	36
2.13.2.5	Mantenimiento por Averías	37
2.13.3	Según su ejecución en el tiempo:.....	37
2.14	¿Cómo seleccionar el tipo de mantenimiento adecuado?	37
2.15	Frecuencia de tareas a condición (mantenimiento predictivo)	38
2.16	Frecuencia de tareas de sustitución cíclica (mantenimiento preventivo)	39
2.17	Frecuencia de tareas detectivas (búsqueda de fallas)	39
2.18	El lugar del rediseño en el mantenimiento	39
2.19	Patrones de falla en función del tiempo	40
2.19.1	¿Cuál es la relación entre la probabilidad de falla y el tiempo?	40
3	METODOLOGÍA.....	44
3.1	Contexto operacional de la central de tensión.	45
3.2	Carrera del bi-cilindro y carrera del carro	46
3.3	El sistema está compuesto de los siguientes elementos:	47

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14


3.4	Lorry o carro de tensión: transporta la polea de retorno y se desplaza mediante carriles de rodadura.....	47
3.4.1	Doble cilindro hidráulico: Mediante este elemento se efectúa la tensión del cable; está soportado en la parte trasera por un muñón en la estructura de la estación retorno y, en la parte delantera, mediante sus vástagos a la estructura del Lorry articulando en las celdas de carga. 47	
3.4.2	Ejes dinamométricos: están situadas en el amarre de los cilindros al lorry, son las encargadas de medir el esfuerzo de cada cilindro.....	47
3.4.3	Central hidráulica: Encargada de alimentar al doble cilindro.	47
3.4.4	Dispositivo de final de carrera del Lorry: Es el encargado de vigilar las posiciones extremas del Lorry.....	47
3.5	Modos de funcionamiento	51
3.5.1	Funcionamiento en modo de explotación normal (automático)	52
3.5.1.1	Pilotaje de la central.....	52
3.5.2	Funcionamiento modo manual (Fuera de explotación comercial)	53
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	57
4.1	APLICACIÓN DEL RCM2 A LA CENTRAL DE TENSIÓN.....	57
4.1.1	Diagrama funcional de la central de tensión.	57
4.1.2	Diagrama entradas y salidas central de tensión.	58
4.2	AMFE (Análisis de Modos de Falla)	60
5	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	134
5.1	Conclusiones.....	134
5.2	RECOMENDACIONES: Las recomendaciones sobre este trabajo se encuentran en la tabla de tareas propuestas, para cada una de las actividades.....	135
	REFERENCIAS	136
	INFOGRAFIA.....	136

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Estrategias del mantenimiento.	26
Ilustración 2. Seis patrones de falla.	41
Ilustración 3 Diagrama de decisión del RCM 2.....	43
Ilustración 4. Esquema Lorry San Javier.	46
Ilustración 5. Esquema Lorry San Javier.	46
Ilustración 6. Lorry o carro de tensión.	48
Ilustración 7. Doble cilindro hidráulico.	48
Ilustración 9. Central hidráulica. Fuente	49
Ilustración 8. Ejes dinamométricos. Fuente	49
Ilustración 10. Dispositivo final de carrera.	50
Ilustración 11. Cofrecillo de control manual.	50
Ilustración 12. Sistema de recuperación de cable.	51
Ilustración 13. Umbrales EN y PN Central de tensión Metrocable línea J.	55
Ilustración 14. Esquema hidráulico Central de tensión Cable L J.	56
Ilustración 15. Diagrama entradas y salidas central de tensión L J. Fuente	58
Ilustración 16. Entradas y Salidas central de tensión Línea J.	59

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14


1 INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

En la actualidad en el sistema Metrocable se programan mantenimientos mayores, es decir, un mantenimiento que involucra la sustitución y verificación de equipos de alta importancia para mantener la operación comercial del sistema Metrocable, de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes. En el caso específico de la central de tensión, se ha logrado evidenciar que, bajo nuestro contexto operacional, algunas de las recomendaciones del fabricante no aplican, pues, algunos componentes se han encontrado en excelentes condiciones, otros presentan deterioros imprevistos, faltan repuestos, modos de falla no identificados y sobrecostos por contratistas extranjeros.

La estrategia del RCM2 aplicada a la central de tensión del sistema Metrocable línea J del metro de Medellín, busca garantizar la disponibilidad del equipo durante la operación comercial, puesto que una afectación dejaría a miles de usuarios de la zona Nororiental de la ciudad sin transporte diario (mínimamente una semana), causaría pérdidas económicas a la organización e impactaría su modelo de inclusión social de manera drástica

Mediante esta estrategia aplicada al sistema de tensión del Metrocable línea J, se busca con el proyecto, identificar todos los componentes de la central de tensión de la línea J del Metro de Medellín, sus funciones y fallas para definir el tipo de tareas a realizar para modificar las actuales rutinas de mantenimiento que están por fuera de los estándares de costo-efectividad y no garantizan la confiabilidad del activo ni su disponibilidad, por lo tanto, es indispensable diseñar e implementar la estrategia RCM en la central de tensión de la línea J, con rediseño de las rutinas de mantenimiento, aumentar la confiabilidad y formular las diferentes averías que puede presentar el sistema que permita minimizar las pérdidas económicas y afectaciones a los usuarios de la zona nor-occidental de la ciudad.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

La central de tensión de la línea J, tiene unas particularidades como tensionar con un esfuerzo nominal 49330 daN (deca-Newton - 101 Newton) y hace una regulación entre 46830 daN y 49330 daN, además de una presión que oscila entre los 160 y 190 bar para no presentar detenciones del sistema. Una falla en la central de tensión o en uno de sus componentes, puede ocasionar la parada de la línea J por algunos días, pues por norma la instalación debe ser explotada con este equipo operativo y, si es servicio comercial, debe estar operando en forma automática. (SA, P., 2008)

Con la realización de este trabajo se busca diseñar e implementar la estrategia RCM al activo, establecer sus funciones, identificar las fallas con sus modos, efectos y consecuencias, definir las tareas proactivas para, finalmente, validar y modificar las rutinas de mantenimiento actuales.

Al final del proyecto, se debe evaluar todas las hojas de ruta alimentadoras del sistema SAP, garantizar la comunicación de los cambios en las mismas al personal del área de cables aéreos, así como la gestión de insumos con los cuales, aún, no se cuenta en la empresa.


1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Implementar la estrategia RCM2 aplicada a la central de tensión del sistema Metrocable línea J del Metro de Medellín.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar las funciones de los componentes de la central de tensión de la línea J del Metro de Medellín.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14


- Identificar las fallas funcionales con sus modos, efectos y consecuencias de central de tensión de la línea J del Metro de Medellín.
- Definir las tareas proactivas para la central de tensión de la línea J del Metro de Medellín.
- Entregar el diseño y la implementación piloto de la estrategia RCM de la central de tensión de la línea J del Metro de Medellín.

1.3 Organización de la tesis

En el marco teórico se hace una descripción de la evolución del mantenimiento centrado en confiabilidad, la cual se describe por generaciones en el siglo XX, nuevas investigaciones y desarrollos aplicados a las tecnologías modernas, desafíos y requerimientos de la humanidad que motivan la implementación de nuevas estrategias del mantenimiento.


Además, se habla acerca de las causas de fallas, modos de fallas, efectos de las fallas y la clasificación de estas de acuerdo con el RCM. También se tiene en cuenta consecuencias operacionales, no operacionales y ambientales de la provocación de las fallas presentadas en los equipos y una serie de tareas derivadas del mantenimiento. Luego de realizar investigaciones en literaturas que ayuden a la realización del proyecto, se tiene en cuenta los mejoramientos logrados a partir de la RCM2.

En la metodología, se hace una descripción de las actividades que se realizaron para cumplir con los objetivos propuestos en este trabajo, se describe Contexto operacional de la central de tensión y la identificación de cada uno de sus componentes y parámetros de trabajo de este equipo tan importante. Entre las actividades se incluyen asesorías, apoyo en la realización de las pruebas, con la respectiva organización de datos y análisis de resultados.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

En los resultados y discusiones se describe el paso a paso de las actividades realizadas, la aplicación del RCM a la central de tensión con sus respectivos análisis de modos de falla y efectos, las cuales se centran en la operación y control de este equipo.

También se describe la parte funcional, tanto en modo manual como en modo automático eléctrica e hidráulicamente y la importancia de cada uno de los componentes en el sistema, para realizar el análisis de resultados, los cuales se hace a partir de las gráficas resultantes de los datos obtenidos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14


2 MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del RCM

Desde el inicio de la época, el Hombre siempre ha tenido la necesidad de mantener sus instrumentos en buen estado, pero en un principio su mantenimiento se centraba en las fallas de los equipos, es decir en el mantenimiento correctivo. La mayoría de las fallas que se experimentaban eran el resultado del uso y aunque hemos mejorado aun en la actualidad esto se sigue presentando. Este mantenimiento es conocido como "Mantenimiento de Ruptura". (Gamarra, 2010)

Fue hasta 1950, cuando renace un nuevo concepto del mantenimiento, el cual consistía en seguir las recomendaciones de los fabricantes de equipos respecto de sus cuidados, esta nueva modalidad se le llamó mantenimiento preventivo, lo que motivó a los de lubricación e inspección, con el fin de optimizar el funcionamiento de los equipos diferentes gerentes de empresas a capacitar a sus empleados en la realización de rutinas y así evitar pérdidas económicas, aun con este mantenimiento se generaban algunos costos, pues se cambiaban piezas por recomendación del fabricante cuando aún estaban en buen estado. Esto obligó a los grandes empresarios a buscar nuevas alternativas de mantenimiento dando lugar a una nueva generación del mantenimiento el cual se basa en la confiabilidad y diseño de los equipos. A este mantenimiento se le conoce como mantenimiento productivo.

Por otro lado, algunas de las creencias básicas hasta el momento sobre el mantenimiento empiezan a cuestionarse debido a las nuevas investigaciones y técnicas. En particular, se hace evidente que la conexión entre el tiempo que lleva funcionando un equipo y sus posibilidades de fallo es menor de lo que se creía hasta entonces. Se desarrolla el mantenimiento predictivo y comienza a ponerse énfasis en dar importancia a los valores

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

de fiabilidad y mantenibilidad en la etapa de diseño de la infraestructura, sistemas, equipos y dispositivos. (Gamarra, 2010)

A finales de la década de los 70s, se empiezan a aplicar en las empresas las filosofías de Mantenimiento Productivo Total (TPM) y Mantenimiento Centrado en Fiabilidad (RCM).

2.2 La historia del RCM


El RCM es un proceso desarrollado durante los años 60`s y 70`s con la finalidad de ayudar las empresas a determinar las políticas más adecuadas para mejorar las funciones de los activos físicos y para manejar las consecuencias de sus fallos.

Un intento de organizar lo que se pretendió de los diferentes programas de confiabilidad para desarrollar un enfoque lógico y de aplicación general para el diseño de programas de mantenimiento preventivo, fue uno de los pasos siguientes en 1965 con lo cual se ideó una técnica rudimentaria del diagrama de decisión y en 1967 se presentó un informe sobre su aplicación en el encuentro de AIAA para el diseño y operaciones de la aviación comercial. Refinamientos posteriores fueron englobados en un manual de desarrollo y evaluación de programas de mantenimiento formado para dirigir el desarrollo del programa inicial del nuevo avión Boeing 747. Documento que fue usado por personal de la industria de la AFA.

Documento conocido como el MSG-1

Este uso de la técnica de diagrama de decisión, llevó a mejoramientos posteriores que fueron incorporados dos años más tarde en un segundo documento. MSG-2 Documento de los fabricantes de aviones para la planificación del mantenimiento.

El éxito del RCM en la industria aeronáutica no tuvo precedentes. En un periodo de 16 años posterior a su implantación, las aerolíneas comerciales no experimentaron

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14


incremento en los costes unitarios de mantenimiento, aun cuando el tamaño y la complejidad de las aeronaves, así como los costes de operación se incrementaron durante el mismo periodo. También, para el mismo periodo, se incrementaron los records de seguridad de las aerolíneas.

Los beneficios obtenidos por la industria aeronáutica no fueron un secreto y pronto el RCM fue adaptado y adecuado a las necesidades de otras industrias y sectores como la generación de potencia mediante energía nuclear y solar, la minería, el transporte marítimo, etc., así como el ámbito militar. En todos estos sectores se presentan exitosos resultados tras la aplicación del RCM, mediante la conservación o incremento de la disponibilidad, al mismo tiempo que se ahorra en costes de mantenimiento. Algunos detalles del método se encuentran aún en desarrollo para adaptarse a las necesidades cambiantes de una amplia variedad de industrias, sin embargo, los principios básicos se mantienen.

Aunque estos documentos revolucionaron los procedimientos seguidos para desarrollar programas de mantenimiento, para el transporte aéreo, su aplicación a otros su aplicación a otros tipos estuvo limitado por su enfoque conciso y muy especializado y la formulación de ciertos conceptos era incompleta.

Todas estas consecuencias, tanto como la necesidad de clarificar muchos de los principios subyacentes, condujeron a que procedimientos analíticos de visión más amplia y su cristalización en la disciplina lógica conocida como Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM).

Frente a estos cambios, se quiere evitar los arranques fallidos, se busca un modelo coherente, para evaluarlo y aplicarlo a sus necesidades y las de la compañía. Es así como surge el RCM, si es aplicado correctamente, transforma las relaciones entre los activos físicos, quienes los usan y las personas que los operan y mantienen. A su vez permite que

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14


nuevos bienes o activos sean puestos en servicio con gran efectividad, rapidez y precisión (Moubray, 2004).

2.3 La evolución de la RCM2

El autor John Moubray, y sus asociados, comenzaron a trabajar la aplicación de la RCM en los sectores de la minería y manufactura a comienzo de 1980. Usaron una versión levemente modificada del diagrama e Nowlan Heapentre 1983 y 1990. Durante este periodo, el medio ambiente se convirtió en algo más que un tema de discusión.

En los comienzos se les aconsejó a los facilitadores que trataran del mismo modo los riesgos del medio ambiente como a los de seguridad. Sin embargo, esto significaba en la práctica que muchos problemas ambientales que no significaban una amenaza inmediata y directa a la seguridad, fueron dejados de lado. El medio ambiente puede ser también un tema altamente conflictivo que no se presta a una evolución subjetiva tal como pudiera serlo para la seguridad.

Como resultado, en 1980 el autor comenzó a trabajar con algunas organizaciones multinacionales para desarrollar un enfoque más preciso respecto a fallas con consecuencias sobre el medio ambiente. Esto culminó con el agregado de la pregunta en el diagrama de decisión en 1990. El uso de estándares y regulaciones como base para esta decisión eliminó el elemento de subjetividad. Sin embargo, al tema completo se le asignó la misma prioridad que a la seguridad en reconocimiento a la alta y creciente importancia que le concede a la sociedad el tema ambiental. (Moubray, 2004).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

2.4 Otros cambios incorporados al RCM2


Cuando el RCM 2 fue presentado en 1990, fueron incorporados un cierto número de cambios que estuvieron en desarrollo de durante varios años. Como:

- Términos como “Técnicamente factible “ y “ Merece la pena” sustituyeron a “Apropiado” y “Eficaz”
- La pregunta H fue formulada para eliminar ciertas ambigüedades
- La pregunta S también fue modificada para evitar algunas imprecisiones alrededor de la palabra “Seguridad”
- La ampliación a la pregunta O fue agradada dado que muchos usuarios la interpretaban muy limitadamente.
- Las preguntas H1, S1, O1, N1 fueron modificadas para facilitar su comprensión.
- El término “Reacondicionamiento cíclico” sustituyó a “Retrabajo programado” en las preguntas H2, S2, O2, N2, porque “Retrabajo” tiene distinto significado en las empresas manufactureras.
- Las preguntas en el diagrama de decisión corregido fueron recodificadas.

El efecto neto de estos cambios ha sido hacer aún más sólida una técnica que ya era extraordinariamente robusta en el nivel teórico y hacer que sea más rápida y fácil para utilizarla para reducir costos.

El RCM2 ha sido aplicado en más 1000 plantas en 41 países. El rango de los proyectos va desde el entrenamiento en planta para lo a concientización de gerentes de operaciones y mantenimiento, hasta la aplicación sin restricciones a todos los equipos de una planta.

Estos cambios están llevando al límite las actitudes y habilidades en todas las ramas de la industria. El personal de mantenimiento es obligado a pensar y actuar como ingenieros y gerentes, las limitaciones de sus sistemas son cada vez más evidentes, sin importar la sistematización y el control. (Moubray, 2004).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

2.5 Mantenimiento y RCM

Desde el punto de vista de la ingeniería, hay dos elementos que hacen a cualquier activo físico. Debe ser mantenido y quizás necesite ser modificado.


Esto sugiere que el mantenimiento sugiere preservar algo. Por otro lado, están de acuerdo con que modificar algo significa cambiarlo de alguna manera. Cuando nos disponemos a mantener algo, ¿Qué es lo que deseamos causar que continúe? ¿Cuál es el estado existente que deseamos preservar?

La respuesta a estas preguntas está dada por el hecho de que todo activo físico es puesto en funcionamiento porque alguien quiere que se haga algo, en otras palabras, se espera que cumpla una función o ciertas funciones específicas. Por ende, al mantener un activo, el estado que debemos preservar es aquel en el que continúe haciendo aquello que los usuarios quieren que haga.

Mantenimiento: asegurar que los activos físicos continúen haciendo aquello que sus usuarios quieren que haga.

Los requerimientos de los usuarios van a depender de dónde y cómo se utilice el activo (Contexto Operacional). Esto lleva a la siguiente definición formal del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad:

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad: Un proceso utilizado para determinar que debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que los usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual (Moubray, 2004).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

2.5.1 RCM: Las siete preguntas básicas


- ¿Cuáles son sus funciones y estándares de funcionamiento relacionados (qué quiere el usuario que haga en su contexto)?
- ¿De qué formas puede fallar? Fallas funcionales.
- ¿Qué causa que falle? Modos de falla.
- ¿Qué sucede cuando falla? Efectos de la falla.
- ¿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? (Moubray, 2004).

2.5.1.1 ¿Cuáles son sus funciones y estándares de funcionamiento relacionados (qué quiere el usuario que haga en su contexto)?

Cada elemento de los equipos debe de haberse adquirido para unos propósitos determinados. En otras palabras, deberá tener una función o funciones específicas. La pérdida total o parcial de estas funciones afecta a la organización en cierta manera. La influencia total sobre la organización depende de:

- La función de los equipos en su contexto operacional.

El comportamiento funcional de los equipos en ese contexto. Como resultado de esto el proceso de RCM comienza definiendo las funciones y los estándares de comportamiento funcional asociados a cada elemento de los equipos en su contexto operacional. Cuando se establece el funcionamiento deseado de cada elemento, el RCM pone un gran énfasis en la necesidad de cuantificar los estándares de funcionamiento siempre que sea posible. Estos estándares se extienden a la producción, calidad del producto, servicio al cliente, problemas del medio ambiente, costo operacional y seguridad.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

2.5.1.2 ¿De qué formas puede fallar? Fallas funcionales


Una vez que las funciones y los estándares de funcionamiento de cada equipo se hayan definido, el paso siguiente es identificar cómo puede fallar cada elemento en la realización de sus funciones. Esto lleva al concepto de una falla funcional, que se define como la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado

2.5.1.3 ¿Qué causa que falle? Modos de falla

El paso siguiente es tratar de identificar los modos de falla que tienen más posibilidad de causar la pérdida de una función. Esto permite comprender exactamente qué es lo que puede que se esté tratando de prevenir. Cuando se está realizando este paso, es importante identificar cuál es la causa origen de cada falla. Esto asegura que no se malgaste el tiempo y el esfuerzo tratando los síntomas en lugar de las causas. Al mismo tiempo, cada modo de falla debe ser considerado en el nivel más apropiado, para asegurar que no se malgasta demasiado tiempo en el análisis de falla en sí mismo.

2.5.1.4 ¿Qué sucede cuando falla? Efectos de la falla

Cuando se identifica cada modo de falla, los efectos de las fallas también deben registrarse (en otras palabras, lo que pasaría si ocurriera). Este paso permite decidir la importancia de cada falla, y por lo tanto qué nivel de mantenimiento (si lo hubiera) sería necesario. El proceso de contestar sólo a las cuatro primeras preguntas produce oportunidades sorprendentes y a menudo muy importantes de mejorar el funcionamiento y la seguridad, y también de eliminar errores. También mejora enormemente los niveles generales de comprensión acerca del funcionamiento de los equipos


	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

2.5.1.5 ¿Importa si falla? Consecuencias de la falla

Una vez que se hayan determinado las funciones, las fallas funcionales, los modos de falla y los efectos de los mismos en cada elemento significativo, el próximo paso en el proceso del RCM es preguntar cómo y (cuánto) importa cada falla. La razón de esto es porque las consecuencias de cada falla dicen si se necesita tratar de prevenirlos. Si la respuesta es positiva, también sugieren con qué esfuerzo debemos tratar de encontrar las fallas.

2.5.1.6 RCM clasifica las consecuencias de las fallas en cuatro grupos:


- **Consecuencias de las fallas no evidentes:** Las fallas que no son evidentes no tienen impacto directo, pero exponen a la organización a otras fallas con consecuencias serias, a menudo catastróficas. Un punto fuerte del RCM es la forma en que trata las fallas que no son evidentes, primero reconociéndolos como tales, en segundo lugar, otorgándoles una prioridad muy alta y finalmente adoptando un acceso simple, práctico y coherente con relación a su mantenimiento.
- **Consecuencias en la seguridad y el medio ambiente:** Una falla tiene consecuencias sobre la seguridad si puede afectar físicamente a alguien. Tiene consecuencias sobre el medio ambiente si infringe las normas gubernamentales relacionadas con el medio ambiente. RCM considera las repercusiones que cada falla tiene sobre la seguridad y el medio ambiente, y lo hace antes de considerar la cuestión del funcionamiento. Pone a las personas por encima de la problemática de la producción.
- **Consecuencias Operacionales:** Una falla tiene consecuencias operacionales si afecta la producción (capacidad, calidad del producto, servicio al cliente o costos industriales en adición al costo directo de la reparación). Estas consecuencias cuestan dinero, y lo que cuesten sugiere cuánto se necesita gastar en tratar de prevenirlas.
- **Consecuencias que no son operacionales:** Las fallas evidentes que caen dentro de esta categoría no afectan ni a la seguridad ni a la producción, por lo que el único gasto

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

directo es el de la reparación. Si una falla tiene consecuencias significativas en los términos de cualquiera de estas categorías, es importante tratar de prevenirlas. Por otro lado, si las consecuencias no son significativas, entonces no merece la pena hacer cualquier tipo de mantenimiento sistemático que no sea el de las rutinas básicas de lubricación y servicio. Por eso en este punto del proceso del RCM, es necesario preguntar si cada falla tiene consecuencias significativas. Si no es así, la decisión normal a falta de ellas es un mantenimiento que no sea sistemático. Si por el contrario fuera así, el paso siguiente sería preguntar qué tareas sistemáticas (si las hubiera) se deben de realizar. Sin embargo, el proceso de selección de la tarea no puede ser revisado significativamente sin considerar primero el modo de la falla y su efecto sobre la selección de los diferentes métodos de prevención.

2.5.1.7 ¿Puede hacerse algo para predecir o prevenir la falla?

La mayoría de la gente cree que el mejor modo de mejorar al máximo la disponibilidad de la planta es hacer algún tipo de mantenimiento de forma rutinaria. El conocimiento de la Segunda Generación sugiere que esta acción preventiva debe de consistir en una reparación del equipo o cambio de componentes a intervalos fijos. Supone que la mayoría de los elementos funcionan con precisión para un período y luego se deterioran rápidamente. El pensamiento tradicional sugiere que un histórico extenso acerca de las fallas anteriores permitirá determinar la duración de los elementos, de forma que se podrían hacer planes para llevar a cabo una acción preventiva un poco antes de que fueran a fallar. Esto es verdad todavía para cierto tipo de equipos sencillos, y para algunos elementos complejos con modos de falla dominantes. En particular, las características de desgaste se encuentran a menudo donde los equipos entran en contacto directo con el producto. El reconocimiento de estos hechos ha persuadido a algunas organizaciones a abandonar por completo la idea del mantenimiento sistemático. De hecho, esto puede ser lo mejor que hacer para fallas que tengan consecuencias sin importancia. Pero cuando las


	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

consecuencias son significativas, se debe de hacer algo para prevenir las fallas, o por lo menos reducir las consecuencias. RCM reconoce cada una de las tres categorías más importantes de tareas preventivas, como siguen:

- **Tareas “A Condición:** La necesidad continua de prevenir ciertos tipos de falla, y la incapacidad creciente de las técnicas tradicionales para hacerlo, han creado los nuevos tipos de prevención de fallas. La mayoría de estas técnicas nuevas se basan en el hecho de que la mayor parte de las fallas dan alguna advertencia de que están a punto de ocurrir. Estas advertencias se conocen como fallas potenciales, y se definen como las condiciones físicas identificables que indican que va a ocurrir una falla funcional o que está en el proceso de ocurrir. Las nuevas técnicas se usan para determinar cuando ocurren las fallas potenciales de forma que se pueda hacer algo antes de que se conviertan en verdaderas fallas funcionales. Estas técnicas se conocen como tareas a condición, porque los elementos se dejan funcionando a condición de que continúen satisfaciendo los estándares de funcionamiento deseado. Muchas fallas serán detectables antes de que ellas alcancen un punto donde la falla funcional donde se puede considerar que ocurre la falla funcional.
- **Tareas de Reacondicionamiento Cíclico y de Sustitución Cíclica:** Los equipos son revisados o sus componentes reparados a frecuencias determinadas, independientemente de su estado en ese momento. Si la falla no es detectable con tiempo suficiente para evitar la falla funcional entonces la posible reparar el modo de falla del ítem para reducir la frecuencia (índice) de la falla. lógica pregunta si es


2.5.1.8 ¿Qué hacer si no se puede predecir o prevenir la falla?

Además de preguntar si las tareas sistemáticas son técnicamente factibles, el RCM se pregunta si vale la pena hacerlas. La respuesta depende de cómo reaccione a las

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

consecuencias de las fallas que pretende prevenir. Al hacer esta pregunta, el RCM combina la evaluación de la consecuencia con la selección de la tarea en un proceso único de decisión, basado en los principios siguientes:

- Una acción que signifique prevenir la falla de una función no evidente sólo valdrá la pena hacerla si reduce el riesgo de una falla múltiple asociado con esa función a un nivel bajo aceptable. Si no se puede encontrar una acción sistemática apropiada, se debe llevar a cabo la tarea de búsqueda de fallas.
- En el caso de modos de falla ocultos que son comunes en materia de seguridad o sistemas protectores no puede ser posible monitorear en busca de deterioro porque el sistema está normalmente inactivo.
- Si el modo de falla es fortuito puede no tener sentido el reemplazo de componentes con base en el tiempo porque usted podría estar reemplazando con otro componente similar que falla inmediatamente después de ser instalado .En estos casos la lógica RCM pide explorar con pruebas para hallar la falla funcional. Estas son pruebas que pueden causar que el dispositivo se active, demostrando la presencia o ausencia de una funcionalidad correcta.
- Si tal prueba no es posible se debe rediseñar el componente o sistema para eliminar la falla oculta. Las tareas de búsqueda de fallas consisten en comprobar las funciones no evidentes de forma periódica para determinar si ya han fallado.
- Si no se puede encontrar una tarea de búsqueda de fallas que reduzca el riesgo de falla a un nivel bajo aceptable, entonces la acción “a falta de” secundaria sería que la pieza debe rediseñarse. Una acción que signifique el prevenir una falla que tiene consecuencias en la seguridad o el medio ambiente merecerá la pena hacerla si reduce el riesgo de esa falla en sí mismo a un nivel realmente bajo, o si lo suprime por completo. Si no se puede encontrar una tarea que reduzca el riesgo de falla a un nivel bajo aceptable, el componente debe rediseñarse (Antonio Hernández González MTTO31 Evidencia No. 5 16 de Junio de 2014)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

2.6 La metodología RCM

El mantenimiento centrado en fiabilidad (MCF) o RCM (*Reliability Centered Maintenance*) es una de las técnicas organizativas actuales aplicadas al mantenimiento que más significativamente mejora sus resultados

Es un proceso para determinar cuáles son las operaciones que debemos hacer para que un equipo o sistema continúe desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional, siempre y cuando sean rentables para la empresa.

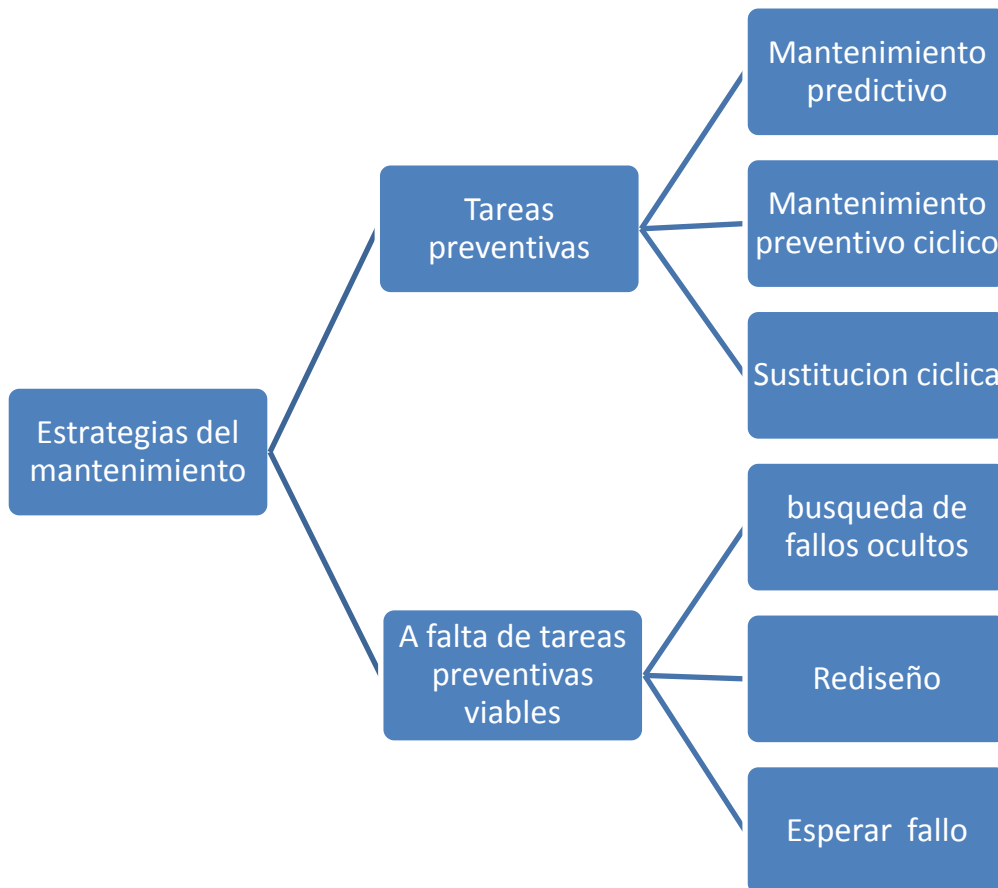



Ilustración 1. Estrategias del mantenimiento. Fuente: Elaboración propia

El RCM2 (Reliability Centred Maintenance,) Mantenimiento Centrado en Fiabilidad/Confiabilidad), concepto adoptado por el señor John Moubray a raíz del

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

incremento de esta aplicación, en los años noventa se desarrolló el RCM2, que es aplicado para otras industrias fuera de la aviación (Moubray, 2004).

Este ha sido usado por una amplia variedad de industrias durante los últimos diez años y cuando se aplica correctamente produce los beneficios siguientes:


- Mayor seguridad y protección del entorno.
- Mejoramiento en el mantenimiento de los dispositivos de seguridad existentes.
- La disposición de nuevos dispositivos de seguridad.
- La revisión sistemática de las consecuencias de cada falla antes de considerar la cuestión operacional.
- Claras estrategias para prevenir los modos de falla que puedan afectar a la seguridad, y para las acciones “a falta de” que deban tomarse si no se pueden encontrar tareas sistemáticas apropiadas.
- Menos fallas causadas por un mantenimiento innecesario. (Moubray, 2004)

2.7 Funciones y parámetros de funcionamiento.

Antes de poder aplicar un proceso para determinar que debe hacerse para que cualquier activo físico continúe haciendo aquello que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional, necesitamos hacer dos cosas:

- Determinar qué es lo que los usuarios quieren que haga
- Asegurar que es capaz de realizar aquello que sus usuarios quieren que haga

Por esto el primer paso en el proceso del RCM es definir las funciones de cada activo en su contexto operacional, junto con los parámetros de funcionamiento. Lo que los usuarios esperan que los activos sean capaces de hacer puede ser dividido en dos categorías:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

2.7.1 Funciones Primarias

Que en primera instancia resumen el porqué de la adquisición del activo. Esta categoría de funciones cubre temas como velocidad, producción, capacidad de almacenaje o carga, calidad de producto y servicio al cliente.

2.7.2 Funciones secundarias

La cual reconoce que se espera que haga cada activo que haga más que simplemente cubrir sus funciones primarias. Los usuarios también tienen expectativas relacionadas con la seguridad, control, contención, confort, integralidad estructural, economía, protección, eficiencia operacional, cumplimiento de regulaciones ambientales y hasta apariencia del activo.


2.7.3 Funciones

Para definir los objetivos del mantenimiento según los requerimientos de los usuarios, debemos obtener un claro entendimiento de las funciones de cada activo físico junto con los parámetros de funcionamiento asociados. Es por esta razón que el proceso RCM comienza preguntando:

- ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento del activo físico en su contexto operacional actual?

2.7.3.1 Describiendo Funciones

La definición de una función y por ende la definición de los objetivos de mantenimiento, para ese activo físico no está completa a menos que se especifique el nivel de funcionamiento deseado por el usuario, tan precisamente como le sea posible.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

2.7.3.2 Estándares de funcionamiento

El objetivo del mantenimiento es asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que haga y la magnitud de lo que se desea, puede definirse como un estándar mínimo de funcionamiento, sin deteriorarse en ningún modo.


2.7.4 El contexto Operacional

El RCM se define como un “proceso utilizado para determinar los requerimiento e mantenimiento de cualquier activo físico en su contexto operacional”. Este contexto se inserta por completo en el proceso de formulación de estrategias de mantenimiento, comenzando por la definición de funciones.

2.7.5 Fallas funcionales

Una vez que las funciones y los estándares de funcionamiento de cada equipo se hayan definido, el paso siguiente es identificar cómo puede fallar cada elemento en la realización de sus funciones. Esto lleva al concepto de una falla funcional, que se define como la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado.

El análisis de RCM comienza con la redacción de las funciones deseadas. Por ejemplo, la función de una bomba puede definirse como “Bombear no menos de 500 litros/ minuto de agua”. Sin embargo, la bomba puede tener otras funciones asociadas, como por ejemplo “Contener al agua (evitar pérdidas)”. En un análisis de RCM, todas las funciones deseadas deben ser listadas.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14


2.8 Modos de falla

Modos de Falla (Causas de Falla). El paso siguiente es tratar de identificar los modos de falla que tienen más posibilidad de causar la pérdida de una función. Esto permite comprender exactamente qué es lo que puede que se esté tratando de prevenir. Cuando se está realizando este paso, es importante identificar cuál es la causa origen de cada falla. Esto asegura que no se malgaste el tiempo y el esfuerzo tratando los síntomas en lugar de las causas. Al mismo tiempo, cada modo de falla debe ser considerado en el nivel más apropiado, para asegurar que no se malgasta demasiado tiempo en el análisis de falla en sí mismo.

Un modo de falla es una posible causa por la cual un equipo puede llegar a un estado de falla. Por ejemplo, “impulsor desgastado” es un modo de falla que hace que una bomba llegue al estado de falla identificado por la falla Funcional, “bombeea menos de lo requerido”. Cada falla funcional suele tener más de un modo de falla. Todos los modos de falla asociados a cada falla funcional deben ser identificados durante el análisis de RCM. (Moubray, 2004).

Al identificar los modos de falla de un equipo o sistema, es importante listar la “causa raíz” de la falla. Por ejemplo, si se están analizando los modos de falla de los rodamientos de una bomba, es incorrecto listar el modo de falla “falla rodamiento”. La razón es que el modo de falla listado no da una idea precisa de por qué ocurre la falla.

¿Es por “falta de lubricación”? ¿Es por “desgaste y uso normal”? ¿Es por “instalación inadecuada”? Notar que este desglose en las causas que subyacen a la falla entrega una idea precisa por qué ocurre la falla, y por consiguiente que podrá hacerse para manejarla adecuadamente (lubricación, análisis de vibraciones, etc.).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

2.9 Los efectos de falla


Para cada modo de falla deben indicarse los efectos de falla asociados. El “efecto de falla” es una breve descripción de “qué pasa cuando la falla ocurre”. Por ejemplo, el efecto de falla asociado con el modo de falla “impulsor desgastado” podría ser el siguiente: “a medida que el impulsor se desgasta, baja el nivel del tanque, hasta que suena la alarma de bajo nivel en la sala de control. El tiempo necesario para detectar y reparar la falla (cambiar impulsor) suele ser de 6 horas. Dado que el tanque se vacía luego de 4 horas, el proceso aguas abajo debe detenerse durante dos horas. No es posible recuperar la producción perdida, por lo que estas dos horas de parada representan una pérdida de ventas”. Los efectos de falla deben indicar claramente cuál es la importancia que tendría la falla en caso de producirse. (Fibertel, 2007)

2.10 Categoría de consecuencias

La falla de un equipo puede afectar a sus usuarios de distintas formas:

- Poniendo en riesgo la seguridad de las personas (“ consecuencias de seguridad”)
- Afectando al medio ambiente (“ consecuencias de medio ambiente”)
- Incrementando los costos o reduciendo el beneficio económico de la empresa
- (“ Consecuencias operacionales”)
- Ninguna de las anteriores (“ consecuencias no operacionales”)

Además, existe una quinta categoría de consecuencias, para aquellas fallas que no tienen ningún impacto cuando ocurren salvo que posteriormente ocurra alguna otra falla. Por ejemplo, la falla del neumático de auxilio no tiene ninguna consecuencia adversa salvo que ocurra una falla posterior (pinchadura de un neumático de servicio) que haga que sea necesario cambiar el neumático. Estas fallas corresponden a la categoría de fallas ocultas.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

Cada modo de falla identificado en el análisis de RCM debe ser clasificado en una de estas categorías. El orden en el que se evalúan las consecuencias es el siguiente: seguridad, medio ambiente, operacionales, y no operacionales, previa separación entre fallas evidentes y ocultas. El análisis RCM bifurca en esta etapa: el tratamiento que se le va a dar a cada modo de falla va a depender de la categoría de consecuencias en la que se haya clasificado, lo que es bastante razonable: no sería lógico tratar de la misma forma a fallas que pueden afectar la seguridad que aquellas que tienen consecuencias económicas. El criterio a seguir para evaluar tareas de mantenimiento es distinto si las consecuencias de falla son distintas.

2.11 Diferencia entre efectos y consecuencias de falla


El efecto de falla es una descripción de qué pasa cuando la falla ocurre, mientras que la consecuencia de falla clasifica este efecto en una de 5 categorías, según el impacto que estas fallas tienen.

2.12 Diferencia entre falla funcional y modos de falla

La falla funcional identifica un estado de falla: incapaz de bombear, incapaz de cortar la pieza, incapaz de sostener el peso de la estructura... No dice nada acerca de las causas por las cuales el equipo llega a ese estado. Eso es justamente lo que se busca con los modos de falla: identificar las causas de esos estados de fallas (eje cortado por fatiga, filtro tapado por suciedad, etc.).

2.13 Fallas ocultas

Los equipos suelen tener dispositivos de protección, es decir, dispositivos cuya función principal es la de reducir las consecuencias de otras fallas (fusibles, detectores de humo, dispositivos de detención por sobre velocidad / temperatura / presión, etc.).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14


Muchos de estos dispositivos tienen la particularidad de que pueden estar en estado de falla durante mucho tiempo sin que nadie ni nada ponga en evidencia que la falla ha ocurrido. (Por ejemplo, un extintor contra incendios puede ser hoy incapaz de apagar un incendio, y esto puede pasar totalmente desapercibido (si no ocurre el incendio).

Una válvula de alivio de presión en una caldera puede fallar de tal forma que no es capaz de aliviar la presión si esta excede la presión máxima, y esto puede pasar totalmente desapercibido (si no ocurre la falla que hace que la presión supere la presión máxima.) Si no se hace ninguna tarea de mantenimiento para anticiparse a la falla o para ver si estos dispositivos son capaces de brindar la protección requerida, entonces puede ser que la falla solo se vuelva evidente cuando ocurra aquella otra falla cuyas consecuencias el dispositivo de protección esta para aliviar. (Por ejemplo, es posible que nos demos cuenta que no funciona el extintor recién cuando ocurra un incendio, pero entonces ya es tarde: se produjo el incendio fuera de control. Es posible que nos demos cuenta que no funciona la válvula de seguridad recién cuando se eleve la presión y esta no actúe, pero también ya es tarde: se produjo la explosión de la caldera.) Este tipo de fallas se denominan fallas ocultas, dado que requieren de otra falla para volverse evidentes. (Fibertel, 2007).

Distintos tipos de mantenimiento

Tradicionalmente, se consideraba que existían tres tipos de mantenimiento distintos: predictivo, preventivo, y correctivo. Sin embargo, existen otros tipos de mantenimiento distintos:

2.13.1 Según el estado del activo

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

2.13.1.1 Mantenimiento Operacional


Se define como la acción de mantenimiento aplicada a un equipo o sistema a fin de mantener su continuidad operacional, el mismo es ejecutado en la mayoría de los casos con el activo en servicio sin afectar su operación natural.

La planificación y programación de este tipo de mantenimiento es completamente dinámica, la aplicación de los planes de mantenimiento rutinario se efectúa durante todo el año con programas diarios que dependen de las necesidades que presente un equipo sobre las condiciones particulares de operación, en este sentido el objetivo de la acción de mantenimiento es garantizar la operatividad del equipo para las condiciones mínimas requeridas en cuanto a eficiencia, seguridad e integridad.

El mantenimiento operacional en la industria petrolera es manejado por personal de dirección de la organización con un stock de materiales para consumo constante y los recursos de equipos, herramientas y personal artesanal para la ejecución de las tareas de campo son obtenidos de empresas de servicio.

2.13.1.2 Mantenimiento Mayor

Es el mantenimiento aplicado a un equipo o instalación donde su alcance en cuanto a la cantidad de trabajos incluidos, el tiempo de ejecución, nivel de inversión o costo del mantenimiento y requerimientos de planificación y programación son de elevada magnitud, dado que la razón de este tipo de mantenimiento reside en la restitución general de las condiciones de servicio del activo, bien desde el punto de vista de diseño o para satisfacer un periodo de tiempo considerable con la mínima probabilidad de falla o interrupción del servicio y dentro de los niveles de desempeño o eficiencia requeridos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

La diferencia entre ambos tipos de mantenimiento se basa en los tiempos de ejecución, los requerimientos de inversión, la magnitud y alcance de los trabajos, ya que el mantenimiento operacional se realiza durante la operación normal de los activos, y el mantenimiento mayor se aplica con el activo fuera de servicio. Por otra parte, la frecuencia con que se aplica el mismo es sumamente baja con respecto a la frecuencia de las actividades del mantenimiento operacional, la misma oscila entre cuatro y quince años dependiendo del grado de severidad del ambiente en que está expuesto el componente, la complejidad del proceso operacional, disponibilidad corporativa de las instalaciones, estrategias de mercado, nivel tecnológico de componentes y materiales, políticas de inversiones y disponibilidad presupuestaria.


2.13.2 Según las actividades realizadas:

2.13.2.1 Mantenimiento Preventivo

Es aquel que consiste en un grupo de tareas planificadas que se ejecutan periódicamente, con el objetivo de garantizar que los activos cumplan con las funciones requeridas durante su ciclo de vida útil dentro del contexto operacional donde su ubican, alargar sus ciclos de vida y mejorar la eficiencia de los procesos. En la medida en que optimizamos las frecuencias de realización de las actividades de mantenimiento logramos aumentar las mejoras operacionales de los procesos.

2.13.2.2 Mantenimiento Correctivo

También denominado mantenimiento reactivo, es aquel trabajo que involucra una cantidad determinada de tareas de reparación no programadas con el objetivo de restaurar la función de un activo una vez producido un paro imprevisto. Las causas que pueden originar un paro imprevisto se deben a desperfectos no detectados durante las

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

inspecciones predictivas, a errores operacionales, a la ausencia tareas de mantenimiento y, a requerimientos de producción que generan políticas como la de “repara cuando falle”.


Existen desventajas cuando dejamos trabajar una máquina hasta la condición de reparar cuando falle, ya que generalmente los costos por impacto total son mayores que si se hubiera inspeccionado y realizado las tareas de mantenimiento adecuadas que mitigaran o eliminaran las fallas.

2.13.2.3 Mantenimiento Predictivo

Es un mantenimiento planificado y programado que se fundamenta en el análisis técnico, programas de inspección y reparación de equipos, el cual se adelanta al suceso de las fallas, es decir, es un mantenimiento que detecta las fallas potenciales con el sistema en funcionamiento. Con los avances tecnológicos se hace más fácil detectar las fallas, ya que se cuenta con sistemas de vibraciones mecánicas, análisis de aceite, análisis de termografía infrarrojo, análisis de ultrasonido, monitoreos de condición, entre otras.

2.13.2.4 Mantenimiento Proactivo

Es aquel que engloba un conjunto de tareas de mantenimiento preventivo y predictivo que tienen por objeto lograr que los activos cumplan con las funciones requeridas dentro del contexto operacional donde se ubican, disminuir las acciones de mantenimiento correctivo, alargar sus ciclos de funcionamiento, obtener mejoras operacionales y aumentar la eficiencia de los procesos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

2.13.2.5 Mantenimiento por Averías

Es el conjunto de acciones necesarias para devolver a un sistema y/o equipo las condiciones normales operativas, luego de la aparición de una falla. Generalmente no se planifica ni se programa, debido a que la falla ocurre de manera imprevista.

2.13.3 Según su ejecución en el tiempo:

- **Mantenimiento Rutinario:** Está relacionado a las tareas de mantenimiento regulares o de carácter diario.
- **Mantenimiento Programado:** Está relacionado a los trabajos recurrentes y periódicos de valor sustancial.
- **Parada de Planta:** Está relacionado al trabajo realizado durante paradas planificadas.
- **Extraordinario:** Está relacionado al trabajo causado por eventos impredecibles.


2.14 ¿Cómo seleccionar el tipo de mantenimiento adecuado?

En el RCM, la selección de políticas de mantenimiento está gobernada por la categoría de consecuencias a la que pertenece la falla.

Para fallas con consecuencias ocultas, la tarea óptima es aquella que consigue la disponibilidad requerida del dispositivo de protección.

Para fallas con consecuencias de seguridad o medio ambiente, la tarea óptima es aquella que consigue reducir la probabilidad de la falla hasta un nivel tolerable.


Para fallas con consecuencias económicas (operacionales y no operacionales), la tarea óptima es aquella que minimiza los costos totales para la organización.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

Aun hoy, mucha gente piensa en el mantenimiento preventivo como la principal opción al mantenimiento correctivo. Sin embargo, el RCM muestra que en el promedio de las industrias el mantenimiento preventivo es la estrategia adecuada para menos del 5% de las fallas. ¿Qué hacer con el otro 95 %? En promedio, al realizar un análisis RCM se ve que las políticas de mantenimiento se distribuyen de la siguiente forma: 30% de las fallas manejadas por mantenimiento predictivo (a condición), otro 30% por mantenimiento detectivo, alrededor de 5% mediante mantenimiento preventivo, 5% de rediseños, y aproximadamente 30% mantenimiento correctivo. Esto muestra efectivamente que una de las máximas del TPM (*Total Productive Maintenance*) que dice que "todas las fallas son malas y todas deben ser prevenidas", es de hecho equivocada: solo deben ser prevenidas aquellas que convenga prevenir, con base en un cuidadoso análisis costo-beneficio. (Fibertel, 2007)

2.15 Frecuencia de tareas a condición (mantenimiento predictivo)

Para que una tarea a condición sea posible, debe existir alguna condición física identificable que anticipe la ocurrencia de la falla. Por ejemplo, una inspección visual de un elemento solo tiene sentido si existe algún síntoma de falla que pueda detectarse visualmente. Además de existir un claro síntoma de falla, el tiempo desde el síntoma hasta la falla funcional debe ser suficientemente largo para ser de utilidad. La frecuencia de una tarea a condición se determina entonces en función del tiempo que pasa entre el síntoma y la falla. Por ejemplo, si se está evaluando la conveniencia de chequear ruido en los rodamientos de un motor, entonces la frecuencia va a estar determinada por el tiempo entre que el ruido es detectable, y que se produce la falla del rodamiento. Si este tiempo es de, por ejemplo, dos semanas, entonces la tarea debe hacerse a una frecuencia menor, para asegurarse de esta forma que la falla no ocurra en el tiempo entre chequeos sucesivos. El mismo razonamiento debe seguirse para cualquier tarea predictiva.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

2.16 Frecuencia de tareas de sustitución cíclica (mantenimiento preventivo)

Una tarea de sustitución cíclica solo es válida si existe un patrón de desgaste. Es decir, si existe una edad en la que aumenta rápidamente la probabilidad condicional de la falla". La frecuencia de la tarea de sustitución depende de esta edad, llamada vida útil. Por ejemplo, si la vida útil de un neumático es de 40.000 km, entonces la tarea de sustitución cíclica (cambio preventivo del neumático) debería realizarse cada menos de 40.000 km, para de esta forma evitar entrar en la zona de alta probabilidad de falla. (Fibertel, 2007)

2.17 Frecuencia de tareas detectivas (búsqueda de fallas)


El intervalo con el que se realiza la tarea de búsqueda de fallas (mantenimiento detectivo) se denomina FFI (*Failure Finding Interval*). Existe una relación entre este intervalo y la disponibilidad del dispositivo de protección. Pueden utilizarse herramientas matemáticas para calcular esta relación, y fijar el FFI que logre la disponibilidad objetivo.

2.18 El lugar del rediseño en el mantenimiento

Una empresa de rodamientos tenía la siguiente política: si una falla ocurría más de una vez, se rediseñaba el equipo para eliminar la causa de la falla. Como consecuencia de esta política, la planta funcionaba de manera cada vez más confiable, pero los costos del departamento de ingeniería crecían aceleradamente.

Como ilustra este ejemplo, en la mayoría de las empresas las sugerencias de cambios de diseño suelen sobrepasar la capacidad de la empresa de llevar adelante estos cambios. Por lo tanto, debe existir un filtro que permita distinguir aquellos casos donde el rediseño es justificado y recomendable de aquellos casos donde no lo es.

Es por esto que para aquellos cambios de diseño cuyo objetivo es evitar fallas, suele ser más conveniente evaluar previamente si existe alguna otra forma de manejar las fallas sin

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

necesidad de recurrir al cambio de diseño. Por ejemplo, algunos años después la empresa de rodamientos se dio cuenta que solo en el 20% de los rediseños realizados este realmente valía la pena, y que para el resto había otras formas de manejar las fallas que eran más costo-eficaces.

Debe también tenerse en cuenta que los cambios de diseño suelen llevar tiempo y ser costosos, y que no siempre se sabe con certeza si los mismos serán eficaces en aliviar las consecuencias de las fallas.

A su vez, en muchos casos los rediseños introducen otras fallas cuyas consecuencias también deben ser evaluadas. Es por todo esto que generalmente el rediseño debe ser seleccionado como última opción.


2.19 Patrones de falla en función del tiempo

2.19.1 ¿Cuál es la relación entre la probabilidad de falla y el tiempo?

Tradicionalmente se pensaba que la relación era bien simple: a medida que el equipo es más viejo, es más probable que falle. Sin embargo, estudios realizados en distintas industrias muestran que la relación entre la probabilidad de falla y el tiempo u horas de operación es mucho más compleja. No existen uno o dos patrones de falla, sino que existen 6 patrones de falla distintos, como se muestra en el informe original de Nowlan & Heap. (Fibertel, 2007).

La ilustración 10 muestra los patrones de falla. Cada patrón representa la probabilidad de falla en función del tiempo.

El gráfico patrón de fallas corresponde a las probabilidades condicionales de la falla con respecto a la edad operacional para una variedad de elementos mecánicos y eléctricos. La central de tensión de LJ (abreviatura empresarial para denotar que es línea J, Metro de

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

Medellín) está compuesta por una variedad de estos elementos, los cuales pueden ser analizados desde la metodología RCM2. Los patrones de falla dejan ver de una manera clara que no hay una conexión entre la confiabilidad y la edad operacional.

El estándar que se aplica en el Metro de Medellín es SAE JA1011, que se estipula en la metodología RCM2, guiando y explicando los aspectos como funciones, fallas funcionales, su análisis y efectos, consecuencias de la falla, tareas preventivas, tareas predictivas, acciones “a falta de” y el diagrama de decisión.

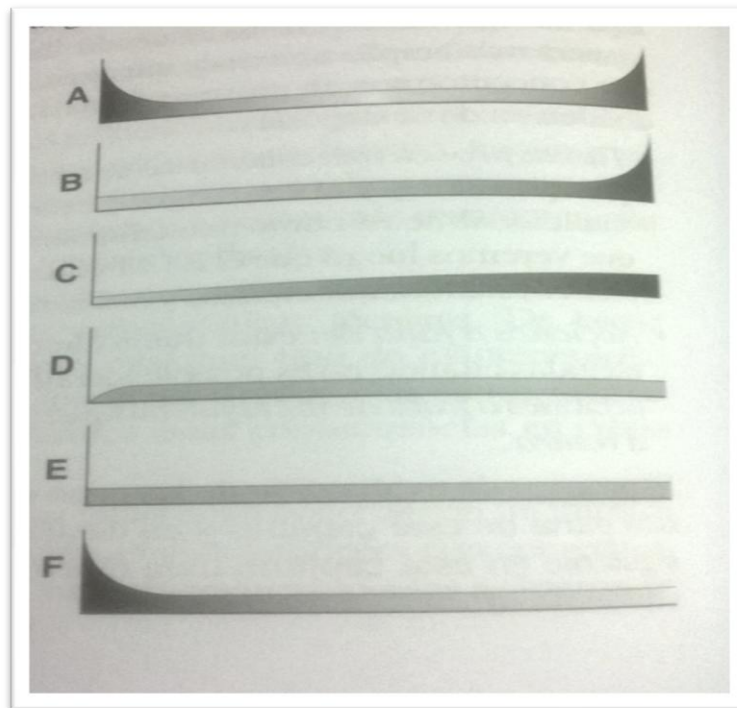



Ilustración 2. Seis patrones de falla. Fuente (Moubray, 2004)

- Un patrón A conocida como Curva de la Bañera, donde la falla tiene alta probabilidad de ocurrir al poco tiempo de su puesta en servicio (mortalidad infantil), y al superar una vida útil identificable.
- Patrón B, o “curva de desgaste”, muestra una probabilidad de falla constante o ligeramente ascendente, y termina en una zona de desgaste.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

- Patrón C, donde se ve un continuo incremento en la probabilidad condicional de la falla, muestra una probabilidad de falla ligeramente ascendente, pero no hay una edad de desgaste definida que sea identificable.
- Patrón D, donde superada una etapa inicial de aumento de la probabilidad de falla el elemento entra en una zona de probabilidad condicional de falla constante, muestra una probabilidad de falla bajo cuando el componente es nuevo o se acaba de comprar, luego un aumento rápido a un nivel constante
- Patrón E, o patrón de falla aleatorio, muestra una probabilidad constante de falla en todas las edades.
- Patrón F, con una alta probabilidad de falla cuando el equipo es nuevo seguido de una probabilidad condicional de falla constante y aleatoria, comienza con una mortalidad infantil muy alta, que desciende finalmente a una probabilidad de falla que aumenta muy despacio o que es constante. (Moubray, 2004)

En general, los modelos de las fallas dependen de la complejidad de los elementos. Cuanto más complejos sean, es más fácil que estén de acuerdo con los modelos E y F. Pero no hay duda de que cuanto más complicados sean los equipos más veces encontraremos los modelos de falla (E y F).

Estos hallazgos contradicen la creencia de que siempre hay una conexión entre la confiabilidad y la edad operacional. Fue esta creencia la que llevó a la idea de que cuanto más a menudo se revisaba una pieza, menor era la probabilidad de falla. Hoy en día, esto es raramente la verdad. A no ser que haya un modo de falla dominante, los límites de edad no hacen nada o muy poco para mejorar la confiabilidad de un equipo complejo.

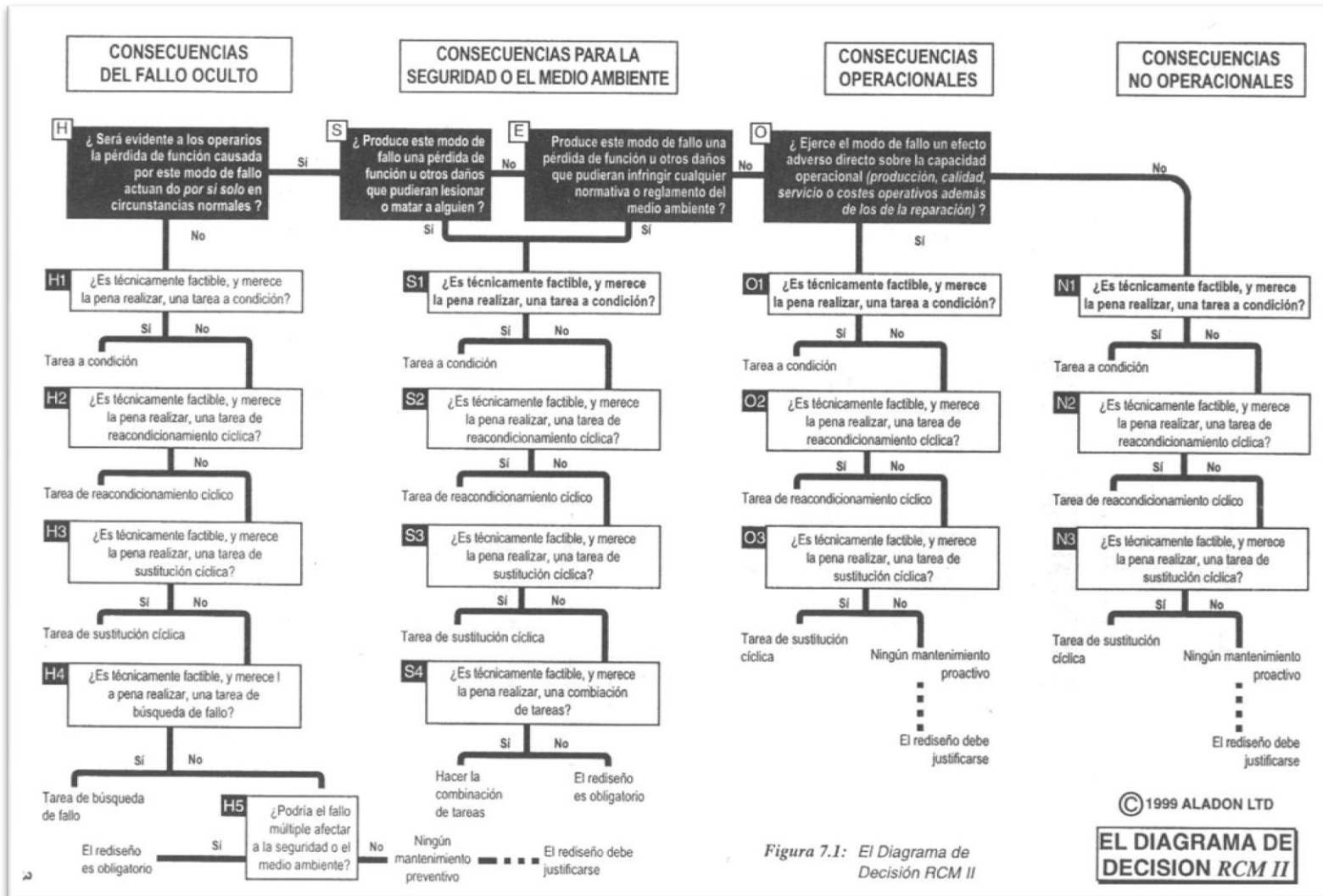



Figura 7.1: El Diagrama de Decisión RCM II

Ilustración 3 Diagrama de decisión del RCM 2 Fuente (Moubray, 2004)

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017 03 14

3 METODOLOGÍA


Basado en los resultados y los avances de la RCM 2 de Moubray, (2004), y de otros autores, se concluye el proyecto teniendo en cuenta la siguiente estrategia:

Se habló con el Ingeniero Jorge Alberto ramos aéreos quien es el Jefe de operación de Cables del Metro de Medellín para los alcances ejecutando los avances actuales del RCM2 por el ingeniero John Mitchell Moubray (2004), además de los parámetros y requerimientos solicitados para la culminación, realización de procedimientos para la elaboración del proyecto y análisis de fallas del sistema de tensión.

Se consultó con los ingenieros responsables del mantenimiento y los profesionales 2 del área involucrados en la metodología del RCM2 en este sistema para obtener una explicación clara del objetivo final del trabajo, además de la metodología que usaron para realizar este mismo trabajo en la central de tensión de la línea K del Metro de Medellín, logrando los diferentes ajustes para realizar la construcción completa del plan de mantenimiento.

Después de realizar los estudios, la adquisición de los datos de operación y trabajo del sistema en conjunto y de cada una de las piezas que lo componen, se procedió a realizar el análisis de fallas a todos y cada uno de los elementos construyendo la tabla de tareas propuestas a partir de cada análisis.

Se realizó el análisis de resultados y las conclusiones del trabajo, basándose en datos y en los resultados obtenidos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

3.1 Contexto operacional de la central de tensión.

En un contexto operacional, antes de comenzar a redactar las funciones deseadas para el activo que se está analizando (primera pregunta del RCM), se debe tener un claro cómo funciona el equipo. Por ejemplo, dos activos idénticos operando en distintas plantas, pueden resultar en planes de mantenimiento totalmente distintos si sus contextos de operación son diferentes. Un caso puntual y objeto de este análisis, es el de los sistemas de tensión del Metrocable línea K y línea J, que suelen requerir tareas de mantenimiento distintas la una de la otra, debido a sus condiciones de carga. Entonces, antes de comenzar el análisis se debe redactar el contexto operacional, donde se debe indicar: régimen de operación del equipo, disponibilidad de mano de obra y repuestos, consecuencias de indisponibilidad del equipo (producción perdida o reducida, recuperación de producción en horas extra, tercerización), objetivos de calidad, seguridad y medio ambiente, entre otros.

El conjunto de tensión del cable se sitúa en la estación retorno JAV-J (San Javier de la línea J), es el sistema encargado de regular y mantener una fuerza sobre los pistones del bi-cilindro, en torno al valor de consigna EN (fuerza nominal).

También permite recuperar totalmente la tensión del cable (de diámetro 52mm), de manera que la tensión permanezca constante según las condiciones de carga. Sobre uno solo de los 2 pistones del bi-cilindro:

- ya sea para operaciones de mantenimiento,
- o para la operación de recuperación de la carrera del bi-cilindro.

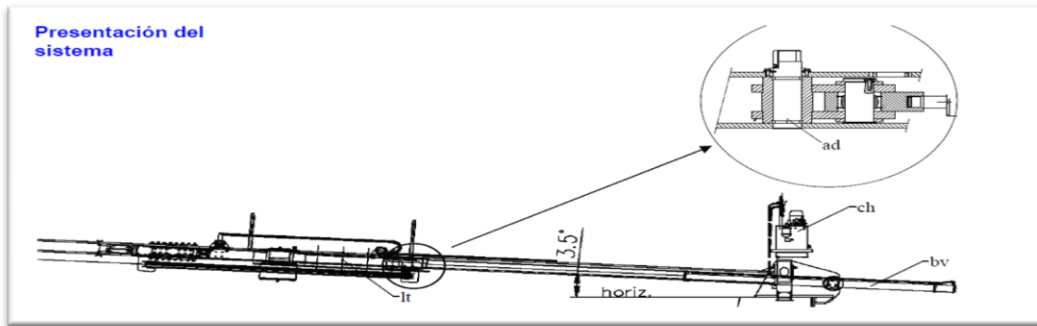


Ilustración 4. Esquema Lorry San Javier. Fuente (TEN 32 POMA)

3.2 Carrera del bi-cilindro y carrera del carro

La carrera del bi-cilindro (CV) permite un desplazamiento del carro de: $CV = 5000 \text{ mm}$.

Cuando el alargamiento del cable ha absorbido totalmente esta carrera, es posible hacer una operación llamada «recuperación de la carrera del bi-cilindro».

Para hacerlo, el carro está equipado con 4 pares de agujeros que permiten ubicar los ejes (ad) en 4 posiciones sucesivas A – B – C – D.

El cambio de una posición a la siguiente permite dar 500 mm de carrera al carro y esto 3 veces sucesivamente.

Esto permite alcanzar una carrera total del carro CL de: $CL = CV + (3 \times 500)$ es decir: $CL = 5000 + 1500\text{mm} = 6500\text{mm}$.

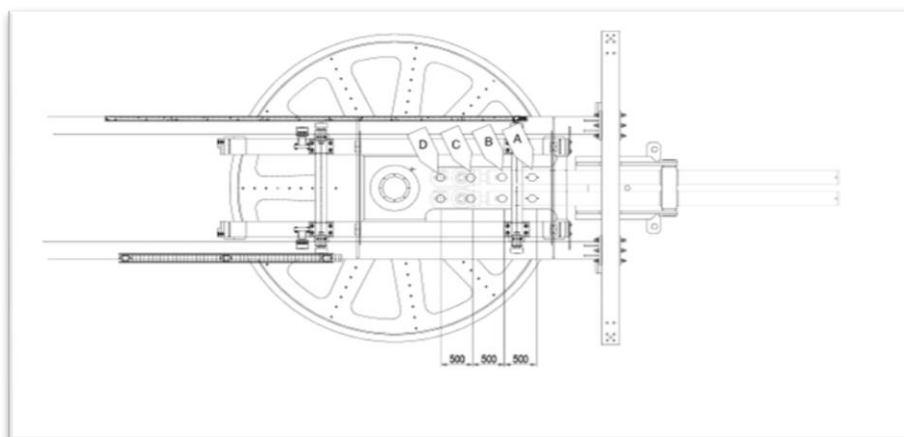



Ilustración 5. Esquema Lorry San Javier. Fuente (TEN 32 POMA)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

3.3 El sistema está compuesto de los siguientes elementos:

3.4 Lorry o carro de tensión: transporta la polea de retorno y se desplaza mediante carriles de rodadura.

3.4.1 Doble cilindro hidráulico: Mediante este elemento se efectúa la tensión del cable; está soportado en la parte trasera por un muñón en la estructura de la estación retorno y, en la parte delantera, mediante sus vástagos a la estructura del Lorry articulando en las celdas de carga.

3.4.2 Ejes dinamométricos: están situadas en el amarre de los cilindros al lorry, son las encargadas de medir el esfuerzo de cada cilindro.

3.4.3 Central hidráulica: Encargada de alimentar al doble cilindro.

3.4.4 Dispositivo de final de carrera del Lorry: Es el encargado de vigilar las posiciones extremas del Lorry.

El sistema de tensión está compuesto por los siguientes activos físicos:

Lorry o carro de tensión: transporta la polea de retorno y se desplaza mediante carriles de rodadura.



Ilustración 6. Lorry o carro de tensión. Fuente (Central de tensión estación San Javier)

- **Doble cilindro hidráulico:** mediante este elemento se efectúa la tensión del cable; está soportado en la parte trasera por un muñón en la estructura de la estación retorno y, en la parte delantera, mediante sus vástagos a la estructura del Lorry articulando en las celdas de carga.

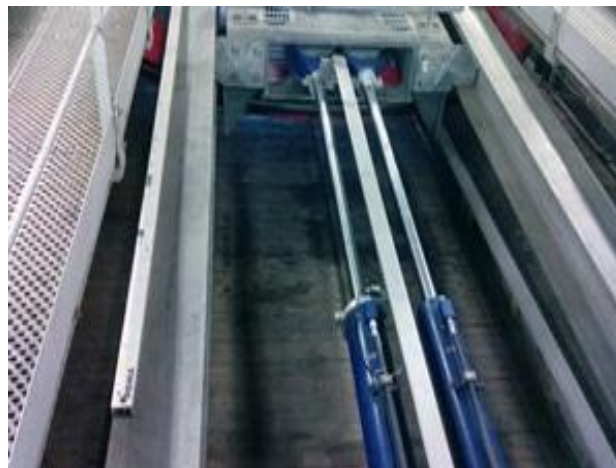


Ilustración 7. Doble cilindro hidráulico. Fuente (Central de tensión estación San Javier)

- **Ejes dinamométricos:** están situados en el amarre de los cilindros al lorry, son los encargados de medir el esfuerzo de cada cilindro.



Ilustración 8. Ejes dinamométricos. Fuente (Central de tensión San Javier)

- **Central hidráulica:** Encargada de alimentar al doble cilindro suministrando la potencia hidráulica para tensionar el cable.



Ilustración 9. Central hidráulica. Fuente (Central de tensión estación San Javier)

- **Dispositivo de final de carrera del Lorry:** Es el encargado de vigilar las posiciones extremas del Lorry



Ilustración 10. Dispositivo final de carrera. Fuente (Central de tensión estación San Javier)

Adicionalmente se cuenta con otros equipos para la operación automática y manual del sistema,



Ilustración 11. Cofrecillo de control manual. Fuente (Central de tensión estación San Javier)

- **Sistema para recuperación de la carrera del BI- cilindro:** Este sistema está diseñado para poder maniobrar los cilindros manual e individualmente con el fin de cambiar las posiciones de amarre y poder recuperar la carrera de cada cilindro, ante un eventual recorte del cable portador



Ilustración 12. Sistema de recuperación de cable. Fuente (Central de tensión estación San Javier)


3.5 Modos de funcionamiento

El sistema puede funcionar en 2 modos, ambos mandados por el autómatas:

- **El modo automático** se utiliza obligatoriamente para el funcionamiento con pasajeros,
- **El modo manual**, reservado para operaciones de mantenimiento o ajuste, que permite posicionar de nuevo el carro.

En ambos modos, la puesta en marcha de la telecabina es posible solamente si la tensión del cable es correcta (control de la fuerza).

La selección del modo se efectúa mediante un conmutador con llave implantado en el cofre eléctrico de gestión de la tensión, situado cerca de la central hidráulica.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

Este conmutador comprende también una posición «Parada», que impide todo movimiento de los elementos del sistema de tensión.

3.5.1 Funcionamiento en modo de explotación normal (automático)

Por información de los dos ejes dinamométricos:


El autómatas pilotea la marcha de la central, la cual regula fuerza en el bi-cilindro en torno al valor de la consigna EN (Esfuerzo nominal)

El autómatas controla o vigila las fuerzas en le bi-cilindro respecto al valor de consigna EN (esfuerzo nominal)

3.5.1.1 Pilotaje de la central

El autómatas trata la suma de las fuerzas medidas por los 2 ejes dinamométricos.

- Cuando la suma de las mediciones baja al umbral (EN-5 %), el autómatas arranca la secuencia de bombeo:
- El grupo motobomba (6+7) se pone en marcha.
- El aceite es aspirado hacia el depósito, atraviesa el electrodistribuidor excitado (12.1) y regresa al depósito a través del filtro (9),
- Tras un breve instante que permite cebar la bomba, se desexcita el electrodistribuidor (12.1); el aceite se dirige al acumulador (16) y al bi-cilindro; el acumulador amortigua la subida de presión,
- El aceite del lado del fondo de los cilindros regresa al depósito a través de la válvula ajustada (20) y el filtro (9).
- Cuando la suma de las mediciones alcanza la consigna (EN):
- El grupo motobomba (6+7) se detiene,
- Las válvulas anti-retorno (11.1) et (11.2) impiden que el aceite regrese a las bombas.
- Cuando la suma de las mediciones sube por encima del umbral (EN+5%), el autómatas arranca la secuencia de descarga:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

- Se desexcita el electrodistribuidor (12.2): éste se abre,
- El aceite se escapa hacia el circuito de descarga de la central, con un caudal inicialmente regulado con ayuda del limitador (13). El circuito de descarga de la central envía el aceite hacia el fondo de los cilindros a través de la válvula (19),
- Cuando la fuerza medida vuelve a bajar a un umbral cercano a (EN),
- el electrodistribuidor (12.2) se desexcita y cierra el circuito de descarga.

Vigilancia de las fuerzas en los cilindros

El autómatas controla que:


- Una de las medidas de los 2 ejes dinamométricos esté dentro del rango ($1/2 EN \pm 10\%$), \pm
- La suma de las medidas de los 2 ejes dinamométricos esté dentro del rango ($EN \pm 13\%$). \pm

Una falla (traspaso de uno de los 4 umbrales precedentes) provoca la parada de la telecabina, es decir de su motorización principal, y la parada de la motobomba.

3.5.2 Funcionamiento modo manual (Fuera de explotación comercial)

En este modo de marcha:

- No son activos el pilotaje y la vigilancia de las fuerzas (no son tratados los ejes dinamométricos),
- Solamente la presión hidráulica en el circuito es vigilada (ver párrafo siguiente),
- Los botones pulsadores « tirar » y « aflojar » quedan activos, si la red eléctrica está presente,
- Si no hay red eléctrica, « tirar » sigue siendo posible por medio de la bomba a mano (8).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

Vigilancia de la presión en el circuito

Por información del manocontacto electrónico con 2 umbrales (17.1), el automatismo controla que la presión esté dentro del rango ($PN \pm 8\%$).

Una falla (traspaso de uno de los 2 umbrales precedentes):

- Provoca la parada de la telecabina, es decir de su motorización de socorro, e impide su arranque de nuevo,
- No impide « tirar » o « aflojar » por medio de los botones pulsadores.

Después del traspaso de uno de estos umbrales, para poder arrancar de nuevo la marcha de socorro, el operario debe:

- Volver al modo manual (cofre eléctrico cerca de la central),
- bajar la presión en el circuito hasta un nivel cercano a la presión nominal PN:
 - ✓ ya sea con ayuda de la bomba a mano (8) o de la válvula (14) si no hay red eléctrica,
 - ✓ O con ayuda de los botones pulsadores « tirar » y « aflojar » si la red eléctrica está presente.

En la ilustración 13, podemos observar los umbrales de operación y paradas del sistema, respecto del EN (Esfuerzo nominal) y PN (Presión nominal), así como los parámetros de seguridad.

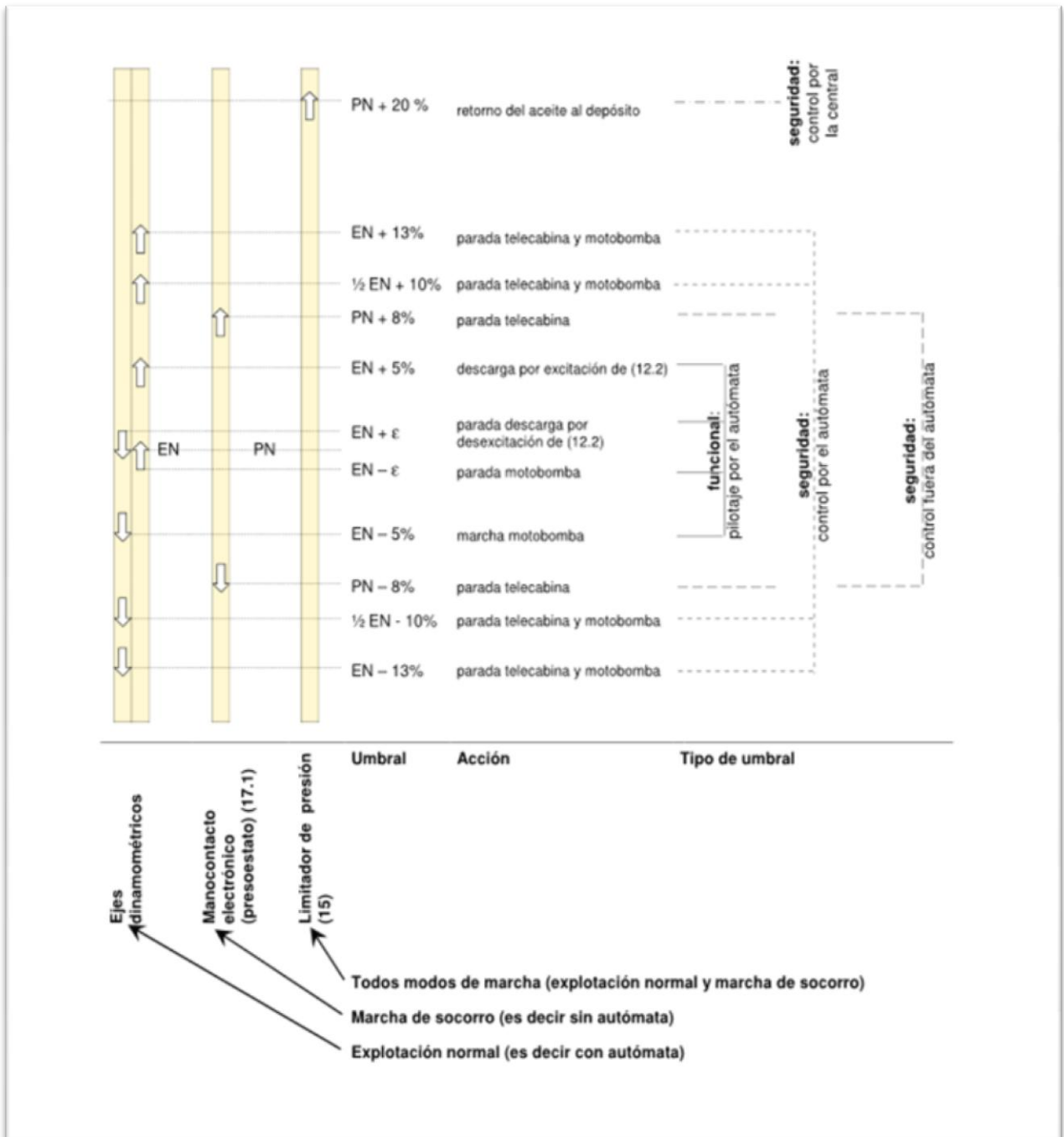


Ilustración 13. Umbrales EN y PN Central de tensión Metrocable línea J. Fuente (TEN 32 POMA)

En la ilustración 14 siguiente se muestra el plano hidráulico de la central de tensión de la estación San Javier del Metrocable línea J incluyendo sus componentes principales. Adicionalmente se puede observar en la figura 8 el sistema de cambio de anclaje utilizado para producir una recuperación del cable por elongación en el tiempo, el cual debe hacerse con el sistema detenido y solo por personal calificado.

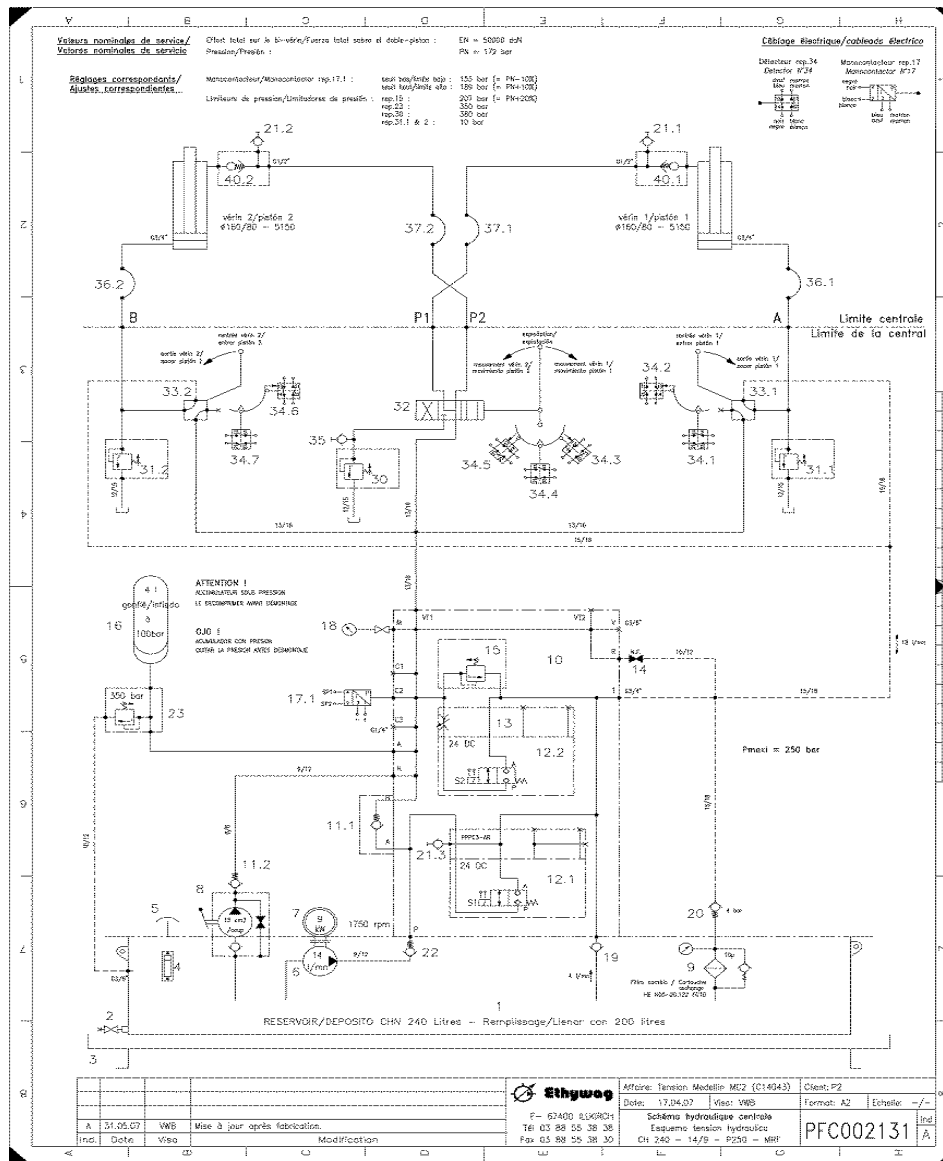



Ilustración 14. Esquema hidráulico Central de tensión Cable L J. Fuente (TEN 32 POMA)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 APLICACIÓN DEL RCM2 A LA CENTRAL DE TENSIÓN.

4.1.1 Diagrama funcional de la central de tensión.


Como se menciona anteriormente, el sistema que regula la tensión del cable portador tractor, opera normalmente de forma automática, condición primaria para operación comercial con usuarios, pero también presenta un modo de funcionamiento manual especialmente para poder realizar mantenimiento.

El sistema de tensión cuenta con una motobomba de engranajes de 9 kW, 1750 rpm, 440V a 60 Hz, con un caudal de 14.1 L/min, su refrigeración (motobomba) es mediante ventilador propio.

La central hidráulica es empleada para regular la carga y mantener en funcionamiento el sistema de control que permite la regulación de la tensión del cable portador tractor.

Para la lubricación interna de todos los componentes, se emplea el aceite propio de la central, además, la lubricación de los vástagos se realiza manualmente con aceite DTE 13 M (aceite de trabajo).

Estructuralmente es soportado en dos vigas de acero que sirven de rieles de rodadura para que el carro (lorry), que transporta al volante principal, pueda moverse al mando, tirar o soltar, ordenados por el autómatas. Las electroválvulas de paso, 2/2, 3/2, antirretornos, manómetros, transductor, hacen parte de los accesorios con los que se cuenta para el control, incluyendo también los conjuntos para la alimentación eléctrica de la bomba y electrónico para alimentación del PLC, los electro distribuidores los ejes dinamométricos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017 03 14

4.1.2 Diagrama entradas y salidas central de tensión.

El autómata, alimentado con 24Vdc, al igual que sus módulos de periferia descentralizados, controla el funcionamiento de la central a partir del esfuerzo total ejercido en los dos cilindros (suma de los dos valores medidos por los dos ejes dinamométricos, es decir EN), la tensión y la presión registrada; dichos valores son comparados con los umbrales nominales para llevar a cabo las ordenes de tirar (accionamiento de la motobomba alimentada con 440 Vac) o soltar, (accionamiento de la electroválvula 12.2)

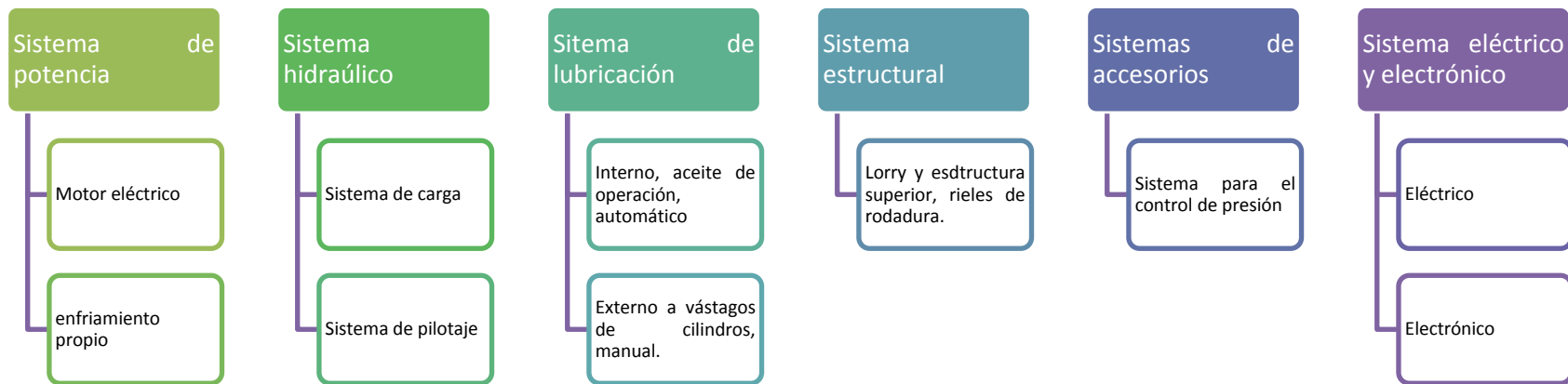



Ilustración 15. Diagrama entradas y salidas central de tensión L J. Fuente (RCM 2 Central L K)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

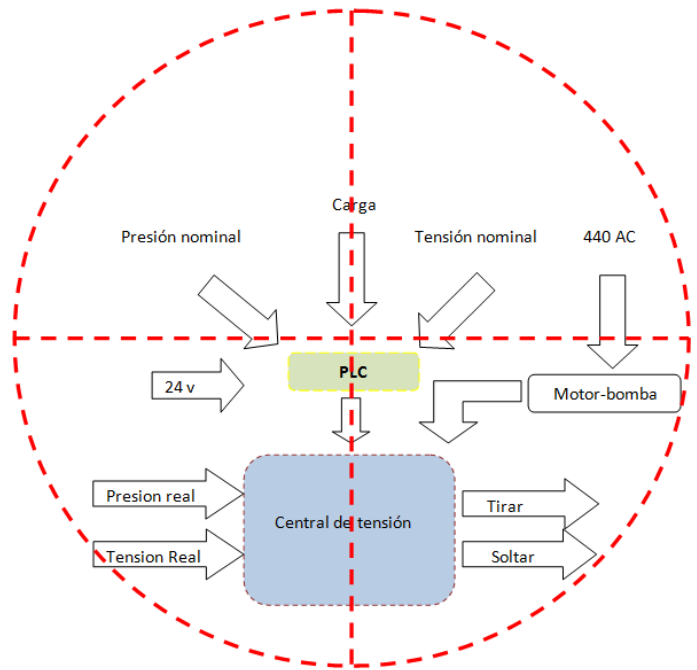



Ilustración 16. Entradas y Salidas central de tensión Línea J. Fuente propia

En la ilustración 16 se pretende mostrar las entradas y salidas que necesita el PLC para poder operar la instalación de forma automática, además, se muestra el resultado de esta operación, representado en las acciones “Tirar” y “Soltar”, las cuales al ejecutarse regulan la tensión del cable portador tractor.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

4.2 AMFE (Análisis de Modos de Falla)





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 en el que se involucran las 7 preguntas planteadas en el RCM2:





- ¿Cuáles son sus funciones y estándares de funcionamiento relacionados (qué quiere el usuario que haga en su contexto)?
- ¿De qué formas puede fallar? Fallas funcionales.
- ¿Qué causa que falle? Modos de falla.
- ¿Qué sucede cuando falla? Efectos de la falla.
- ¿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? (Moubray, 2004).

Cada uno de los componentes fue sometido a estos 7 interrogantes, y socializados con el diagrama de decisión RCM 2, estableciendo las prioridades sobre los modos de atender y abordar cada una de las piezas respecto de su operación y mantenimiento 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.




ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS					
	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
1	Medir la carga del sistema en dos ejes dinamométricos de 50 TON +/- 0.1	A No realizar una medición.	1 Ejes dinamométricos desconectados.	No hay señal en consecuencia se detiene el sistema por mínima tensión del cable. El periodo de atención no es superior a 0,5 horas.	Patrón E 
	Medir la carga del sistema en dos ejes dinamométricos de 50 TON +/- 0.1	A No realizar una medición.	2 Ejes dinamométricos averiados.	No hay señal en consecuencia se detiene el sistema por mínima tensión del cable. El periodo de atención para cambiar los ejes es de 5 horas.	Patrón E 
	Medir la carga del sistema en dos ejes dinamométricos de 50 TON +/- 0.1	B Realizar una medición errada.	1 Ejes dinamométricos descalibrados.	Si esta dentro de los rangos permisibles de funcionamiento, se presenta activación excesiva del motor de la bomba o aflojamiento continuo del Lorry. En caso que se descalibre por fuera de los valores de funcionamiento se detiene el sistema. Si se detiene el sistema es necesario reemplazar los ejes por unas nuevas. Se requieren 5 horas para esta actividad.	Patrón E 
	Medir la carga del sistema en dos ejes dinamométricos de 50 TON +/- 0.1	B Realizar una medición errada.	2 Señal perturbada.	No hay señal en consecuencia se detiene el sistema por mínima tensión del cable. Para su atención se requiere 0,5 hora	Patrón E 
2	Permitir la selección en modo eléctrico automático para explotación comercial desde el cofre	A No permite la selección a modo automático.	1 Contacto del selector pegado.	No permite la conmutación entre automático y manual. El periodo de tiempo necesario para cambiar el selector es de 0,5 horas.	Patrón E 

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS						
	FUNCION		FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
2	Permitir la selección en modo eléctrico automático para explotación comercial desde el cofre	A	No permite la selección a modo automático.	2	Señal del cableado interrumpida.	No permite la conmutación entre automático y manual. El tiempo para reponer el cableado puede estar en aprox. 2 horas. E 
	Permitir la selección en modo eléctrico automático para explotación comercial desde el cofre	A	No permite la selección a modo automático.	3	Falla de entrada E217, 4 del RACK 15 situación 5.	No permite la conmutación entre automático y manual. Es necesario cambiar el modulo análogo. Lo que demora aproximadamente 0.5 horas. E 
3	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación. desde el cofre	A	No permitir la selección a modo eléctrico manual.	1	Contacto del selector pegado.	No permite la conmutación entre automático y manual. El periodo de tiempo necesario para cambiar el selector es de 0,5 horas. E 
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación. desde el cofre	A	No permitir la selección a modo eléctrico manual.	2	Señal del cableado interrumpida.	No permite la conmutación entre automático y manual. El tiempo para identificar y cambiar el cableado es de 2 horas. E 





ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS





	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
3	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación. desde el cofre	B No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para disminuir la tensión.	1 Contacto del pulsador pegado.	No permite aflojar el carro en forma manual impidiendo las verificaciones rutinarias.la conmutación entre automático y manual, El tiempo para identificar y cambiar el contacto es de 0,5 horas, no se afecta el servicio comercial	Patrón E E 
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	B No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para disminuir la tensión.	2 Selector manual/automático averiado.	No permite la conmutación entre automático y manual. El periodo de tiempo necesario para cambiar el selector es de 0,5 horas.	Patrón E E 
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	B No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para disminuir la tensión.	3 Falla de entrada E22, 5 del RACK 17situación 6. soltar	No permite aflojar el carro en forma manual impidiendo las verificaciones rutinarias.la conmutación entre automático y manual, El tiempo para identificar y cambiar el contacto es de 0,5 horas, no se afecta el servicio comercial	Patrón E E 
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	B No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para disminuir la tensión.	4 Señal del cableado interrumpida.	No permite aflojar el carro en forma manual impidiendo las verificaciones rutinarias. El periodo de tiempo necesario para identificar y cambiar el cableado es de 2 horas	Patrón E E 





ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS





	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
3	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	B No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para disminuir la tensión.	5 Electroválvula 12,2 con bobina defectuosa.	No permite aflojar el carro en forma manual impidiendo las verificaciones rutinarias. Es necesario reemplazar la electroválvula completamente.	<p>Patrón E</p> 
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	B No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para disminuir la tensión.	6 Electroválvula 12,2 con retorno mecánico defectuoso	No permite aflojar el carro en forma manual impidiendo las verificaciones rutinarias. Es necesario reemplazar la electroválvula completamente. El periodo de tiempo necesario para cambiar la electroválvula, es de 1 hora.	<p>Patrón E</p> 
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	B No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para disminuir la tensión.	7 Electroválvula 12,2 con sellos defectuosos.	El carro de tensión se afloja y recupera solo en forma constante, realizando constantes ciclos de recuperación de la tensión. Es necesario cambiar la electroválvula completa. El periodo de tiempo necesario para cambiar la electroválvula, es de 0,75 horas.	<p>Patrón C</p> 
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	B No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para disminuir la tensión.	8 Válvulas antiretorno 40.1 y 40.2 bloqueadas.	Cilindros bloqueados que impiden su libre y normal funcionamiento. Es necesario reemplazar la válvula completamente. El periodo de tiempo necesario para cambiar la válvula, es de 3 horas.	<p>Patrón F</p> 

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS





	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
3	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	B No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para disminuir la tensión.	9 Válvula 32 bloqueada.	Cilindros bloqueados que impiden su libre y normal funcionamiento. Es necesario reemplazar la válvula completamente. El periodo de tiempo necesario para cambiar la válvula, es de 3 horas.	<p>Patrón E</p> 
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	B No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para disminuir la tensión.	10 Válvula estranguladora 13 cerrada.	Cilindros bloqueados que impiden su libre y normal funcionamiento. Es necesario recalibrar la válvula a los valores funcionales de operación. El periodo de tiempo necesario para ello es de 1 hora.	<p>Patrón F</p> 
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación. desde el cofre	B No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para disminuir la tensión.	11 Microswiche 34.1, 34.2, 34.3, 34.4, 34.5, 34.6, 34.7 averiados	No permite aflojar ni tirar el carro en forma manual ni automático, El tiempo para identificar y cambiar el contacto es de 0,5 horas, se afecta el servicio comercial	<p>Patrón E</p> 
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación. desde el cofre	B No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para disminuir la tensión.	12 Microswiche 34.1, 34.2, 34.3, 34.4, 34.5, 34.6, 34.7 flojos o suelto.	No permite aflojar ni tirar el carro en forma manual ni automático, El tiempo para identificar y cambiar el contacto es de 0,5 horas, se afecta el servicio comercial	<p>Patrón E</p> 

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS						
FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA		
3	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	C No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para aumentar la tensión.	1 Contacto del pulsador pegado.	No permite tirar el carro en forma manual impidiendo las verificaciones rutinarias. El periodo de tiempo necesario para intervenir el pulsador es de 0,25 horas.	Patrón E	
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	C No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para aumentar la tensión.	2 Selector manual/automático averiado.	No permite la conmutación entre automático y manual. El periodo de tiempo necesario para cambiar el selector es de 0,25 horas.	Patrón E	
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	C No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para aumentar la tensión.	3 Falla de entrada E22, 4 del RACK 17situación 6. tirar	No permite tensar el carro en forma manual impidiendo las verificaciones rutinarias.la conmutación entre automático y manual, El tiempo para identificar y cambiar el contacto es de 0,5 horas, no se afecta el servicio comercial	Patrón F	
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	C No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para aumentar la tensión.	4 Señal del cableado interrumpida.	No permite tirar el carro en forma manual impidiendo las verificaciones rutinarias. El periodo de tiempo necesario para cambiar el selector es aproximadamente 2 horas	Patrón E	






ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS					
	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	C No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para aumentar la tensión.	5 Válvulas antiretorno 40.1 y 40.2 bloqueadas.	No permite tirar el carro en forma manual impidiendo las verificaciones rutinarias. Es necesario reemplazar la electroválvula completamente. Aproximadamente 0.75 horas.	<p>Patrón E</p> 
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	C No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para aumentar la tensión.	6 Falta de aislamiento en el motor de la bomba.	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. Esta actividad tarda aproximadamente 2 horas.	<p>Patrón E</p> 
3	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	C No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para aumentar la tensión.	7 Rodamientos fisurados en el motor de la bomba.	El motor se bloquea debido a un fallo por falla en sus rodamientos, impidiendo que la tensión aumente al valor requerido. Es necesario cambiar el motor. Esta actividad tarda aproximadamente 2 horas.	<p>Patrón E</p> 
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	C No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para aumentar la tensión.	8 Bomba desacoplada.	La bomba no tiene la capacidad de subir la presión y por tanto no se mueve el carro de tensión. Es necesario restituir el elastómero o ajustar contra el eje el acople. Esta actividad tarda	<p>Patrón E</p> 






ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS						
	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA	
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	C No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para aumentar la tensión.	9 Conexión errónea del motor.	Aunque el motor funciona no tiene la capacidad de subir la presión en el sistema impidiendo que el carro tire para recuperar tensión. Se debe corregir la conexión. Tarda aproximadamente 0.33 horas.	Patrón F	
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	C No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para aumentar la tensión.	10 Bomba con rodete averiado.	No es posible subir la presión del sistema, por tanto, el carro no tira para recuperar la tensión. Es necesario reemplazar la bomba. Tarda aproximadamente 3 horas.	Patrón E	
3	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	C No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para aumentar la tensión.	11 Filtro 9 colmatado	Indicador de colmatación se encuentra en rojo, permite el paso de aceite contaminado por una derivación paralela, por lo tanto debe ser sustituido este filtro. Su reemplazo tarda aproximadamente 0.15 horas.	Patrón C	
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	C No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para aumentar la tensión.	12 Válvula 32 bloqueada.	Se incrementa la presión del sistema, ocasionando una parada del mismo. Es necesario reemplazar esta válvula. Su reemplazo tarda aproximadamente 3 horas.	Patrón E	

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS



	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	C No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para aumentar la tensión.	13 Válvula 20 bloqueada.	Se incrementa la presión del sistema, ocasionando una parada del mismo. Es necesario reemplazar esta válvula. Su reemplazo tarda aproximadamente 0.5 horas.	<p>Patrón E</p> 
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	C No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para aumentar la tensión.	14 Cilindros con fuga interna por daños en las juntas.	La presión del sistema desciende y la bomba trabaja constantemente, puede producir parada del sistema. Se requiere cambiar esta junta. Esta actividad tarda aproximadamente 48 horas.	<p>Patrón C</p> 
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	C No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para aumentar la tensión.	15 Desgaste en la camisa del cilindro, debido a la fricción.	La presión del sistema desciende y la bomba trabaja constantemente, puede producir parada del sistema. Se requiere cambiar el cilindro. Esta actividad tarda aproximadamente 48 horas.	<p>Patrón C</p> 
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	C No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para aumentar la tensión.	16 Desgaste en el pistón, debido a la fricción.	La presión del sistema desciende y la bomba trabaja constantemente, puede producir parada del sistema. Se requiere cambiar el cilindro. Esta actividad tarda aproximadamente 48 horas.	<p>Patrón C</p> 

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS






	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	C No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para aumentar la tensión.	17 Desgaste en el pistón, debido a la corrosión.	La presión del sistema desciende y la bomba trabaja constantemente, puede producir parada del sistema. Se requiere cambiar el cilindro. Esta actividad tarda aproximadamente 48 horas.	<p>Patrón C</p> 
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	C No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para aumentar la tensión.	18 Fugas en el circuito hidráulico.	La presión del sistema desciende y la bomba trabaja constantemente, puede producir parada del sistema. Se necesita reemplazar el elemento implicado. No hay tiempo definido, varía de acuerdo al elemento averiado.	<p>Patrón C</p> 
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	C No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para aumentar la tensión.	19 Microswiche 34.1, 34.2, 34.3, 34.4, 34.5, 34.6, 34.7 averiados	No permite aflojar ni tirar el carro en forma manual ni automático, El tiempo para identificar y cambiar el contacto es de 0,5 horas, se afecta el servicio comercial	<p>Patrón E</p> 
	Permitir el funcionamiento en modo eléctrico manual para aumentar o disminuir la tensión fuera de explotación.	C No permitir el funcionamiento modo eléctrico manual para aumentar la tensión.	20 Microswiche 34.1, 34.2, 34.3, 34.4, 34.5, 34.6, 34.7 flojos o suelto.	No permite aflojar ni tirar el carro en forma manual ni automático, El tiempo para identificar y cambiar el contacto es de 0,5 horas, se afecta el servicio comercial	<p>Patrón E</p> 
4	Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	A No subir la tensión a ningún valor.	1 Válvulas antiretorno 40.1 y 40.2 bloqueadas.	No sube la tensión a ningún valor y la presión se aumenta hasta producir una parada del sistema. Se deben cambiar estas válvulas. Esta actividad tarda aproximadamente 2 horas.	<p>Patrón E</p> 

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS							
	FUNCION		FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA	
	Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	A	No subir la tensión a ningún valor.	2	Señal del cableado interrumpida.	No se produce la regulación requerida debido a la falta de señal ocasionando una parada del sistema cuando los valores estén fuera del umbral. Se debe revisar el cableado y reemplazar si es necesario. Esta actividad tarda aproximadamente 3 horas.	<p>Patrón E</p> 
	Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	A	No subir la tensión a ningún valor.	3	Falta de aislamiento en el motor de la bomba.	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. Esta actividad tarda aproximadamente 2 horas.	<p>Patrón E</p> 
	Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	A	No subir la tensión a ningún valor.	4	Rodamientos fisurados en el motor de la bomba.	El motor se bloquea debido a un fallo por falla en sus rodamientos, impidiendo que la tensión aumente al valor requerido. Es necesario cambiar el motor. Esta actividad tarda aproximadamente 2 horas.	<p>Patrón E</p> 
	Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	A	No subir la tensión a ningún valor.	5	Bomba desacoplada.	La bomba no tiene la capacidad de subir la presión y por tanto no se mueve el carro de tensión. Es necesario restituir el elastómero o ajustar contra el eje el acople. Esta actividad tarda aproximadamente 2 horas.	<p>Patrón E</p> 
	Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	A	No subir la tensión a ningún valor.	6	Conexión errónea del motor.	Aunque el motor funciona no tiene la capacidad de subir la presión en el sistema impidiendo que el carro tire para recuperar tensión. Se debe corregir la conexión. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas	<p>Patrón F</p> 





ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS

	FUNCION		FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA	
	Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	A	No subir la tensión a ningún valor.	7	Bomba con rodete averiado.	No es posible subir la presión del sistema, por tanto, el carro no tira para recuperar la tensión. Es necesario reemplazar la bomba. Esta actividad tarda aproximadamente 3 horas	<p>Patrón E</p> 
	Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	A	No subir la tensión a ningún valor.	8	Filtro 9 colmatado	Indicador de colmatación se encuentra en rojo, permite el paso de aceite contaminado por una derivación paralela, por lo tanto debe ser sustituido este filtro. Esta actividad tarda aproximadamente 0.15 horas	<p>Patrón C</p> 
	Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	A	No subir la tensión a ningún valor.	9	Válvula 32 bloqueada.	Se incrementa la presión del sistema, ocasionando una parada del mismo. Es necesario reemplazar esta válvula. Su reemplazo tarda aproximadamente 3 horas.	<p>Patrón E</p> 
	Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	A	No subir la tensión a ningún valor.	10	Válvula 20 bloqueada.	Se incrementa la presión del sistema, ocasionando una parada del mismo. Es necesario reemplazar esta válvula. Esta actividad tarda aproximadamente 0.5 horas	<p>Patrón E</p> 
	Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	A	No subir la tensión a ningún valor.	11	Cilindros con fuga interna por daños en las juntas.	La presión del sistema desciende y la bomba trabaja constantemente, puede producir parada del sistema. Se requiere cambiar esta junta. Esta actividad tarda aproximadamente 48 horas.	<p>Patrón C</p> 
	Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	A	No subir la tensión a ningún valor.	12	Desgaste en la camisa del cilindro, debido a la fricción.	La presión del sistema desciende y la bomba trabaja constantemente, puede producir parada del sistema. Se requiere cambiar el cilindro. Esta actividad tarda aproximadamente 48 horas.	<p>Patrón C</p> 






ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS

FUNCION		FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	A	No subir la tensión a ningún valor.	13 Desgaste en el pistón, debido a la fricción.	La presión del sistema desciende y la bomba trabaja constantemente, puede producir parada del sistema. Se requiere cambiar el cilindro. Esta actividad tarda aproximadamente 48 horas.	Patrón C 
Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	A	No subir la tensión a ningún valor.	14 Desgaste en el pistón, debido a la corrosión.	La presión del sistema desciende y la bomba trabaja constantemente, puede producir parada del sistema. Se requiere cambiar el cilindro. Esta actividad tarda aproximadamente 48 horas.	Patrón C 
Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	A	No subir la tensión a ningún valor.	15 Falla en uno de los ejes dinamométricos	No hay señal en consecuencia se detiene el sistema por mínima tensión del cable. Se requiere cambiar estos ejes. Esta actividad tarda aproximadamente 5 horas.	Patrón E 
Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	A	No subir la tensión a ningún valor.	16 Falta de nivel de aceite.	La bomba trabaja constantemente, puede generar vacíos en el circuito hidráulico y ocasionar una parada del sistema por presión baja. Se requiere completar el nivel e aceite. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas.	Patrón F 
Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	A	No subir la tensión a ningún valor.	17 Fugas en el circuito hidráulico.	La presión del sistema desciende y la bomba trabaja constantemente, puede producir parada del sistema. Se necesita reemplazar el elemento implicado. Esta actividad tarda aproximadamente 3 horas.	Patrón C 





ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS

	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
	Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	B Incapaz de subir la tensión hasta EN.	1 Parametrización de valores errónea.	No se produce la regulación requerida debido a los valores programados, ocasionando el mal funcionamiento del sistema y posterior deterioro de los equipos, además de un posible deslizamiento del cable en la volante. Se debe corregir esta parametrización de forma inmediata. Esta actividad tarda aproximadamente 0.1 horas.	<p>Patrón F</p> 
	Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	B Incapaz de subir la tensión hasta EN.	2 Fugas menores en el circuito hidráulico.	La presión del sistema desciende y la bomba trabaja constantemente, puede producir parada del sistema. Se necesita reemplazar el elemento implicado. Esta actividad tarda aproximadamente 3 horas.	<p>Patrón C</p> 
	Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	B Incapaz de subir la tensión hasta EN.	3 Falta de potencia en la motobomba debido fallas del devanado.	El motor se bloquea debido a un fallo eléctrico por falla en su devanado, impidiendo que la tensión aumente al valor requerido. Es necesario cambiar el motor. Esta actividad tarda aproximadamente 2 horas	<p>Patrón E</p> 
	Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	B Incapaz de subir la tensión hasta EN.	4 Descalibración del limitador de presión 15 en un nivel inferior a 218 bares.	Este limitador impide que se alcance el valor nominal, produciendo parada del sistema por su constante operación o disparo. Se debe calibrar hasta que el sistema pueda alcanzar el valor nominal. Esta actividad tarda aproximadamente 0.5 horas.	<p>Patrón F</p> 
	Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	B Incapaz de subir la tensión hasta EN.	5 Filtro 9 colmatado parcialmente.	Indicador de colmatación se encuentra en el límite inicial rojo, permite el paso parcial de aceite contaminado por una derivación paralela, por lo tanto debe ser sustituido este filtro. Esta actividad tarda aproximadamente 0.15 horas.	<p>Patrón C</p> 






ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS

	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
	Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	B Incapaz de subir la tensión hasta EN.	6 Válvula 32 bloqueada.	Se incrementa la presión del sistema, ocasionando una parada del mismo. Es necesario reemplazar esta válvula. Su reemplazo tarda aproximadamente 3 horas.	<p>Patrón E</p> 
	Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	B Incapaz de subir la tensión hasta EN.	7 Cilindros con fuga interna por daños en las juntas.	La presión del sistema no se mantiene dentro del umbral y la bomba trabaja constantemente, puede producir parada del sistema. Se requiere cambiar esta junta. Esta actividad tarda aproximadamente 48 horas.	<p>Patrón C</p> 
	Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	B Incapaz de subir la tensión hasta EN.	8 Transductor con señal errónea.	No se produce la regulación requerida debido a la falsa señal generada, ocasionando el mal funcionamiento del sistema y posterior deterioro de los equipos, además de un posible deslizamiento del cable en la volante. Se debe reemplazar este transductor para su respectiva calibración especializada. Esta actividad tarda aproximadamente 1 hora.	<p>Patrón E</p> 
	Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	B Incapaz de subir la tensión hasta EN.	9 Falta de nivel de aceite.	La bomba trabaja constantemente, puede generar vacíos en el circuito hidráulico y ocasionar una parada del sistema por presión baja. Se requiere completar el nivel de aceite. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas.	<p>Patrón F</p> 
	Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	B Incapaz de subir la tensión hasta EN.	10 Desgaste en el pistón, debido a la fricción.	La presión del sistema no se mantiene en el valor nominal y la bomba trabaja constantemente, puede producir parada del sistema. Se requiere cambiar el pistón y el cilindro. Esta actividad tarda aproximadamente 48 horas.	<p>Patrón C</p> 





ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS





	FUNCION		FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA	
	Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	B	Incapaz de subir la tensión hasta EN.	11	Desgaste en el pistón, debido a la corrosión.	La presión del sistema no se mantiene en el valor nominal y la bomba trabaja constantemente, puede producir parada del sistema. Se requiere cambiar el pistón y el cilindro. Esta actividad tarda aproximadamente 48 horas.	<p>Patrón C</p> 
	Subir la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN-5%	B	Incapaz de subir la tensión hasta EN.	12	Lorry bloqueado.	La presión del sistema asciende para hacer la regulación pero esta no se produce por el bloqueo del Lorry, produciéndose una parada del sistema por sobrepresión. Se debe inspeccionar la zona de rodadura del Lorry y corregir lo que produzca el bloqueo. Esta actividad tarda aproximadamente entre 0.33 y 2 horas.	<p>Patrón E</p> 
5	Bajar la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN+5%	A	No bajar la tensión.	1	Señal errónea de los ejes dinamométricos	No se produce la regulación requerida debido a la falsa señal generada, ocasionando el mal funcionamiento del sistema y posterior deterioro de los equipos y posible descarrilamiento del cable en los balancines. Se deben reemplazar estos ejes para su respectiva calibración especializada. Esta actividad tarda aproximadamente 48 horas.	<p>Patrón E</p> 
	Bajar la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN+5%	A	No bajar la tensión.	2	Falla en módulo de entradas análogas.	No se produce la regulación requerida debido a la falta de señal ocasionando una parada del sistema cuando los valores estén fuera del umbral. Se debe reemplazar este módulo. Esta actividad tarda aproximadamente 0.75 horas.	<p>Patrón E</p> 

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS





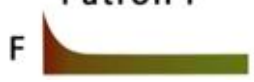
	FUNCION		FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
	Bajar la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN+5%	A	No bajar la tensión.	3 Fallas en indicador programable. (sfere)	No permite visualizar la tensión de los cilindros y por estar conectado en serie a la señal del plc, produce parada del sistema, se debe reemplazar el elemento o puentear si es necesario. Esta actividad tarda aproximadamente 0.5 horas.	<p>Patrón E</p> 
	Bajar la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN+5%	A	No bajar la tensión.	4 Señal del cableado interrumpida.	No se produce la regulación requerida debido a la falta de señal ocasionando una parada del sistema cuando los valores estén fuera del umbral. Se debe revisar el cableado y reemplazar si es necesario. Esta actividad tarda aproximadamente entre 0.5 y 5 horas.	<p>Patrón E</p> 
	Bajar la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN+5%	A	No bajar la tensión.	5 Electroválvula 12,2 con bobina defectuosa.	No permite aflojar el carro en forma automática, impidiendo la regulación del sistema y posterior deterioro de los equipos. Es necesario reemplazar la electroválvula completamente. Esta actividad tarda aproximadamente 0.75 horas.	<p>Patrón E</p> 
	Bajar la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN+5%	A	No bajar la tensión.	6 Válvula 32 defectuosa.	No permite aflojar el carro en forma automática, impidiendo la regulación del sistema y posterior deterioro de los equipos. Es necesario reemplazar la válvula completamente. Esta actividad tarda aproximadamente 3 horas.	<p>Patrón E</p> 
	Bajar la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN+5%	A	No bajar la tensión.	7 Electroválvula 12,2 con retorno mecánico bloqueado	No permite aflojar el carro en forma automática, impidiendo la regulación del sistema y posterior deterioro de los equipos. Es necesario reemplazar la electroválvula completamente. Esta actividad tarda aproximadamente 0.75 horas.	<p>Patrón E</p> 

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS


	FUNCION		FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
	Bajar la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN+5%	A	No bajar la tensión.	8 Válvulas antiretorno 40.1 y 40,2 bloqueadas.	No se modifica el valor de la tensión y la presión descende o se incrementa para realizar la regulación hasta salirse del umbral y producir una parada del sistema. Se deben cambiar estas válvulas. Esta actividad tarda aproximadamente 1 hora.	Patrón E E 
	Bajar la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN+5%	A	No bajar la tensión.	9 Válvula estranguladora 13 cerrada.	Cilindros bloqueados que impiden su libre y normal funcionamiento. Es necesario recalibrar la válvula a los valores funcionales de operación. Esta actividad tarda aproximadamente 0.25 horas.	Patrón E E 
	Bajar la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN+5%	B	Incapaz de bajar la tensión hasta EN.	1 Señal errónea de los ejes dinamométricos.	No se produce la regulación requerida debido a la falsa señal generada, ocasionando el mal funcionamiento del sistema y posterior deterioro de los equipos, Se deben reemplazar estos ejes para su respectiva calibración especializada. Esta actividad tarda aproximadamente 48 horas.	Patrón E E 
	Bajar la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN+5%	B	Incapaz de bajar la tensión hasta EN.	2 Electroválvula 12,2 con bobina defectuosa.	No permite aflojar el carro en forma automática, impidiendo la regulación del sistema y posterior deterioro de los equipos. Es necesario reemplazar la electroválvula completamente. Esta actividad tarda aproximadamente 0.75 horas.	Patrón E E 
	Bajar la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN+5%	B	Incapaz de bajar la tensión hasta EN.	3 Electroválvula 12,2 con retorno mecánico bloqueado	No permite aflojar el carro en forma automática, impidiendo la regulación del sistema y posterior deterioro de los equipos. Es necesario reemplazar la electroválvula completamente. Esta actividad tarda aproximadamente 0.75 horas.	Patrón E E 

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS					
	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
	Bajar la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN+5%	B Incapaz de bajar la tensión hasta EN.	4 Válvula 32 defectuosa.	No permite aflojar el carro en forma automática, impidiendo la regulación del sistema y posterior deterioro de los equipos. Es necesario reemplazar la válvula completamente. Esta actividad tarda aproximadamente 3 horas.	Patrón E 
	Bajar la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN+5%	B Incapaz de bajar la tensión hasta EN.	5 Válvula estranguladora 13 mal regulada	No se produce la regulación requerida debido a la descalibración de esta válvula ocasionando una parada del sistema cuando los valores estén fuera del umbral. Es necesario recalibrar la válvula a los valores funcionales de operación. Esta actividad tarda aproximadamente 0.75 horas.	Patrón F 
	Bajar la tensión del sistema hasta EN cuando llega a un valor de EN+5%	B Incapaz de bajar la tensión hasta EN.	6 Lorry bloqueado.	No desciende la tensión al valor nominal y la presión desciende para realizar la regulación hasta salirse del umbral y producir una parada del sistema. Se debe inspeccionar la zona de rodadura del Lorry y corregir lo que produzca el bloqueo. Esta actividad tarda aproximadamente entre 0.33 y 2 horas.	Patrón E 
6	Detener el sistema cuando la tensión alcanza un valor de EN+13% (sobre tensión)	A No se detiene el sistema cuando la tensión alcanza un valor de EN +13% (55.830)	1 Señal errónea de los ejes dinamométricos.	Se detiene el sistema por sobre-tensión del cable. Verificar la operatividad o en su defecto sustituir el elemento. Esta actividad tarda aproximadamente 48 horas.	Patrón E 

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS







FUNCION		FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA	
Detener el sistema cuando la tensión alcanza un valor de EN+13% (sobre tensión)	A	No se detiene el sistema cuando la tensión alcanza un valor de EN +13% (55.830)	2	Parametrización de valores errónea.	Se detiene el sistema por sobre tensión del cable. Se debe tener actualizada la base de datos para comparar la parametrización y corregir desde el panel o desde el programa de operación. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas.	<p>Patrón F</p> 
Detener el sistema cuando la tensión alcanza un valor de EN+13% (sobre tensión)	A	No se detiene el sistema cuando la tensión alcanza un valor de EN +13% (55.830)	3	Fallas en indicador programable. (sfere)	Se detiene el sistema por sobre tensión del cable. Se debe verificar el funcionamiento del sfere o en su defecto cambiar el elemento. Esta actividad tarda aproximadamente 0.75 horas.	<p>Patrón E</p> 
Detener el sistema cuando la tensión alcanza un valor de EN+13% (sobre tensión)	A	No se detiene el sistema cuando la tensión alcanza un valor de EN +13% (55.830)	4	Parametrización de valores errónea en el indicador programable (sfere).	Se detiene el sistema por sobre tensión del cable, se debe compara los datos del sfere con el panel de control y corregir la parametrización. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas.	<p>Patrón F</p> 
Detener el sistema cuando la tensión alcanza un valor de EN1/2+10% (sobre tensión)	B	No se detiene el sistema cuando la tensión alcanza un valor de 1/2EN +10% (27.132)	1	Señal errónea de los ejes dinamométricos.	Se detiene el sistema por sobre- tensión del cable. Verificar la operatividad o en su defecto sustituir el elemento. Esta actividad tarda aproximadamente 48 horas.	<p>Patrón E</p> 
Detener el sistema cuando la tensión alcanza un valor de EN1/2+10% (sobre tensión)	B	No se detiene el sistema cuando la tensión alcanza un valor de 1/2EN +10% (27.132)	2	Parametrización de valores errónea.	Se detiene el sistema por sobre tensión del cable. Se debe tener actualizada una base de datos para comparar la parametrización y corregir desde el panel o desde el programa de operación. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas.	<p>Patrón F</p> 

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS







	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
	Detener el sistema cuando la tensión alcanza un valor de EN1/2+10% (sobre tensión)	B No se detiene el sistema cuando la tensión alcanza un valor de 1/2EN +10% (27.132)	3 Fallas en indicador programable. (sfere)	Se detiene el sistema por sobre tensión del cable. Se debe verificar el funcionamiento del sfere o en su defecto cambiar el elemento. Esta actividad tarda aproximadamente 0.75 horas.	<p>Patrón E</p> 
	Detener el sistema cuando la tensión alcanza un valor de EN1/2+10% (sobre tensión)	B No se detiene el sistema cuando la tensión alcanza un valor de EN +13% (55.830)	4 Parametrización de valores errónea en el indicador programable (sfere).	Se detiene el sistema por sobre tensión del cable, se debe compara los datos del sfere con el panel de control y corregir la parametrización. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas.	<p>Patrón F</p> 
7	Detener el sistema cuando la tensión alcanza un valor de EN-13%	A No se detiene el sistema cuando la tensión alcanza un valor de EN -13% (42.830)	1 Parametrización de valores errónea en el indicador programable (sfere).	Se detiene el sistema por sobre tensión del cable, se debe compara los datos del sfere con el panel de control y corregir la parametrización. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas.	<p>Patrón F</p> 
	Detener el sistema cuando la tensión alcanza un valor de EN-13%	A No se detiene el sistema cuando la tensión alcanza un valor de EN -13% (42.830)	2 Parametrización de valores errónea.	Se detiene el sistema por mínima tensión del cable, Se debe tener actualizada una base de datos para comparar la parametrización y corregir desde el panel o desde el programa de operación. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas.	<p>Patrón F</p> 
	Detener el sistema cuando la tensión alcanza un valor de EN-13%	A No se detiene el sistema cuando la tensión alcanza un valor de EN -13% (42.830)	3 Fallas en indicador programable. (sfere)	Se detiene el sistema por mínima tensión del cable. Verificar la operatividad o en su defecto sustituir el elemento. Esta actividad tarda aproximadamente 2 horas.	<p>Patrón E</p> 




ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS

	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
	Detener el sistema cuando la tensión alcanza un valor de EN-13%	A No se detiene el sistema cuando la tensión alcanza un valor de EN -13% (42.830)	4 Parametrización de valores errónea en el indicador programable (sfere).	Se detiene el sistema por mínima tensión del cable, Se debe tener actualizada una base de datos para comparar la parametrización y corregir desde el panel o desde el programa de operación. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas.	<p>Patrón F</p> 
	Detener el sistema cuando la tensión alcanza un valor de 1/2EN-10%	B No se detiene el sistema cuando la tensión alcanza un valor de 1/2EN - 10% (22.199)	1 Parametrización de valores errónea en el indicador programable (sfere).	Se detiene el sistema por sobre tensión del cable, se debe compara los datos del sfere con el panel de control y corregir la parametrización. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas.	<p>Patrón F</p> 
	Detener el sistema cuando la tensión alcanza un valor de 1/2EN-10%	B No se detiene el sistema cuando la tensión alcanza un valor de 1/2EN - 10% (22.199)	2 Parametrización de valores errónea.	Se detiene el sistema por mínima tensión del cable, Se debe tener actualizada una base de datos para comparar la parametrización y corregir desde el panel o desde el programa de operación. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas.	<p>Patrón F</p> 
	Detener el sistema cuando la tensión alcanza un valor de 1/2EN-10%	B No se detiene el sistema cuando la tensión alcanza un valor de 1/2EN - 10% (22.199)	3 Fallas en indicador programable. (sfere)	Se detiene el sistema por mínima tensión del cable. Verificar la operatividad o en su defecto sustituir el elemento. Esta actividad tarda aproximadamente 2 horas.	<p>Patrón E</p> 
	Detener el sistema cuando la tensión alcanza un valor de 1/2EN-10%	B No se detiene el sistema cuando la tensión alcanza un valor de 1/2EN - 10% (22.199)	4 Parametrización de valores errónea en el indicador programable (sfere).	Se detiene el sistema por mínima tensión del cable, Se debe tener actualizada una base de datos para comparar la parametrización y corregir desde el panel o desde el programa de operación. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas.	<p>Patrón F</p> 





ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS						
	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA	
8	Detener el sistema cuando la presión alcanza un valor de PN + 8% (sobre presión)	A No se detiene el sistema cuando la presión alcanza un valor de PN +8% (196,56 bar)	1 Falla electrónica en el transductor.	Se detiene el sistema por mínima tensión del cable. Sustituir el elemento implicado. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas.	Patrón E 	
	Detener el sistema cuando la presión alcanza un valor de PN - 8%	A No se detiene el sistema cuando la presión alcanza un valor de PN - 8%(167,44)	2 Falla electrónica en el transductor.	Se detiene el sistema por mínima tensión del cable. Sustituir el elemento implicado. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas.	Patrón E 	
9	Desplazar y soportar la volante principal en retorno entre los switches de fin de carrera.	A No desplazar la volante principal en retorno entre los switches de fin de carrera.	1 Bloqueo del Lorry debido a obstáculo en las guías de desplazamiento de las ruedas.	Posible detención del sistema por sobre presión.la atención de este evento depende de los elementos que estén obstaculizando los rieles de rodadura. Esta actividad tarda aproximadamente 1 hora.	Patrón F 	
	Desplazar y soportar la volante principal en retorno entre los switches de fin de carrera.	A No desplazar la volante principal en retorno entre los switches de fin de carrera.	2 Ruedas con rodamientos bloqueados.	Desgaste de la rodadura por contacto con el riel, posible bloqueo del Lorry. Esta actividad tarda aproximadamente 2 horas.	Patrón C 	
	Desplazar y soportar la volante principal en retorno entre los switches de fin de carrera.	A No desplazar la volante principal en retorno entre los switches de fin de carrera.	3 Topes de nylon desgastados.	Posible detención del sistema por sobre presión.la atención de este evento 50 min cambio de los topes. Esta actividad tarda aproximadamente 0.85 horas.	Patrón C 	
	Desplazar y soportar la volante principal en retorno entre los switches de fin de carrera.	A No desplazar la volante principal en retorno entre los switches de fin de carrera.	4 Defectos en la estructura. (deformaciones)	Posible desvió del Lorry y limitación al libre desplazamiento. Esta actividad tarda aproximadamente 12 horas.	Patrón E 	




ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS

	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
	Desplazar y soportar la volante principal en retorno entre los switches de fin de carrera.	A No desplazar la volante principal en retorno entre los switches de fin de carrera.	5 Lorry desviado de su eje longitudinal.	No permite regular correctamente. Esta actividad tarda aproximadamente 2 horas.	Patrón E 
	Desplazar y soportar la volante principal en retorno entre los switches de fin de carrera.	B No soportar la volante principal en retorno entre los switches de fin de carrera.	1 Defectos en la estructura. (fisuras)	Posible desvió del Lorry, limitación al libre desplazamiento. Esta actividad tarda aproximadamente 12 horas.	Patrón A 
	Desplazar y soportar la volante principal en retorno entre los switches de fin de carrera.	B No soportar la volante principal en retorno entre los switches de fin de carrera.	2 Ejes principales de las ruedas fracturados.	Posible desvió del Lorry y limitación al libre desplazamiento. Esta actividad tarda aproximadamente 12 horas.	Patrón C 
10	Transmitir la tensión del sistema a los ejes dinamométricos	A No transmitir la tensión del sistema a los ejes dinamométricos.	1 Bloqueo del Lorry debido a obstáculo en las guías de desplazamiento de las ruedas.	Posible detención del sistema por sobre presión. la atención de este evento depende de los elementos que estén obstaculizando los rieles de rodadura. Esta actividad tarda aproximadamente 1 hora.	Patrón F 
	Transmitir la tensión del sistema a los ejes dinamométricos	A No transmitir la tensión del sistema a los ejes dinamométricos.	2 Ruedas con rodamientos bloqueados.	Desgaste de la rodadura por contacto con el riel, posible bloqueo del Lorry. Esta actividad tarda aproximadamente 2 horas.	Patrón C 
	Transmitir la tensión del sistema a los ejes dinamométricos	A No transmitir la tensión del sistema a los ejes dinamométricos.	3 Topes de nylon desgastados.	Lorry atravesado y posible regulación errónea o falsa. Esta actividad tarda aproximadamente 2 horas.	Patrón C 
	Transmitir la tensión del sistema a los ejes dinamométricos	A No transmitir la tensión del sistema a los ejes dinamométricos.	4 Defectos en la estructura. (deformaciones)	Posible desvió del Lorry y limitación al libre desplazamiento. Esta actividad tarda aproximadamente 4 horas.	Patrón A 




ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS						
	FUNCION		FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
10	Transmitir la tensión del sistema a los ejes dinamométricos	A	No transmitir la tensión del sistema a los ejes dinamométricos.	5	Lorry desviado de su eje longitudinal.	No permite regular correctamente, verificar la causa de su desvió. Esta actividad tarda aproximadamente 2 horas. C 
11	Compensar la desalineación del Lorry con respecto a los cilindros.	A	No compensar la desalineación del Lorry con respecto a los cilindros.	1	Tornillos Hm 16x100 flojos o sueltos.	No permite la articulación correcta y centrado de la rotula, generando esfuerzos en la misma o que se transmiten al vástago del cilindro. Se requiere dar el torque correspondiente, procurando el correcto ajuste. Esta actividad tarda aproximadamente 24 horas. F 
	Compensar la desalineación del Lorry con respecto a los cilindros.	A	No compensar la desalineación del Lorry con respecto a los cilindros.	2	Tornillos Hm 16x100 reventados	No permite la articulación correcta y centrado de la rotula o generando un bloqueo en la misma, generando esfuerzos que se transmiten al vástago del cilindro, afectando las juntas o en su defecto generando rayas en la camisa del cilindro, lo cual genera fugas entre las cámaras del mismo. Se debe realizar el cambio de estos tornillos. Esta actividad tarda aproximadamente 24 horas. C 
	Compensar la desalineación del Lorry con respecto a los cilindros.	A	No compensar la desalineación del Lorry con respecto a los cilindros.	3	Platina soporte del conjunto rotula deformada.	No permite el correcto asiento de la placa de centrado de la rotula, generando un esfuerzo en los tornillos Hm 16 X 100, generando su fractura. Se debe programar su corrección o en su defecto el cambio. Esta actividad tarda aproximadamente 24 horas. A 


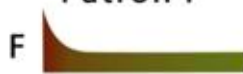


ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS

	FUNCION		FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
	Compensar la desalineación del Lorry con respecto a los cilindros.	A	No compensar la desalineación del Lorry con respecto a los cilindros.	4 Piezas del conjunto rotula y cilindros no son concéntricas.	Se genera esfuerzos en la rotula, que pueden llevar a su deformación y con ello a la pérdida de su función deslizante. Se debe corregir la desalineación. Esta actividad tarda aproximadamente 24 horas.	<p>Patrón A</p> 
	Compensar la desalineación del Lorry con respecto a los cilindros.	A	No compensar la desalineación del Lorry con respecto a los cilindros.	5 Rotulas esféricas bloqueadas por corrosión.	Se genera esfuerzos que son absorbidos por los vástagos de los cilindros, llevando a su deformación, afectando las juntas o en su defecto generando rayas en la camisa del cilindro, lo cual genera fugas entre las cámaras del mismo. Se debe realizar la limpieza necesaria para retirar la corrosión, verificando su operatividad. Esta actividad tarda aproximadamente 24 horas.	<p>Patrón C</p> 
	Compensar la desalineación del Lorry con respecto a los cilindros.	A	No compensar la desalineación del Lorry con respecto a los cilindros.	6 Desgaste o rotura en uno de los lados de la rotula AXIAL GX 120 F (120x230x64).	Genera desalineación en las piezas del conjunto rotula, lo cual provoca esfuerzos en el vástago del cilindro. Se debe cambiar la rotula. Esta actividad tarda aproximadamente 24 horas.	<p>Patrón C</p> 
	Compensar la desalineación del Lorry con respecto a los cilindros.	A	No compensar la desalineación del Lorry con respecto a los cilindros.	7 Deformación de la placa de centrado de los cilindros de tensión.	No permite el correcto asiento de la placa de centrado de la rotula en la platina soporte, generando un esfuerzo en los tornillos Hm 16 X 100, generando su fractura. Se debe programar su corrección o en su defecto el cambio. Esta actividad tarda aproximadamente 24 horas.	<p>Patrón C</p> 



ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS					
	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
12	Detener el sistema cuando el Lorry llegue al fin de carrera.	A No detener el sistema cuando el Lorry llegue al fin de carrera.	1 Señal errónea del microswiche de fin de carrera.	No permite que el sistema se detenga cuando el Lorry este en uno de los topes extremos, esto con el fin de controlar los esfuerzos presentes en el cable (sobretensión o baja tensión), llevando al carro hacia a los topes mecánicos o a los cilindros hidráulicos, generando sobreesfuerzos en estos. Se debe comprobar la correcta señal del microswiche o en su defecto cambiarlo. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas.	<p>Patrón E</p> 
	Detener el sistema cuando el Lorry llegue al fin de carrera.	A No detener el sistema cuando el Lorry llegue al fin de carrera.	2 Descalibración del tope mecánico de accionamiento del microswiche.	No permite que el sistema se detenga cuando el Lorry este en uno de los topes extremos, esto con el fin de controlar los esfuerzos presentes en el cable (sobretensión o baja tensión), llevando al carro hacia a los topes mecánicos o a los cilindros hidráulicos, generando sobreesfuerzos en estos. Se debe comprobar la correcta posición del tope para que la bandera del microswiche sea accionada cuando el carro llegue a uno de los topes. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas.	<p>Patrón E</p> 
	Detener el sistema cuando el Lorry llegue al fin de carrera.	A No detener el sistema cuando el Lorry llegue al fin de carrera.	3 Ausencia del tope mecánico	No permite detener el desplazamiento del carro cuando este no ha sido detenido por el sistema de control, generando un esfuerzo en los cilindros (tapas) por el máximo desplazamiento del pistón. Se debe instalar el o los topes. Esta actividad tarda aproximadamente 3 horas.	<p>Patrón F</p> 



ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS




FUNCION		FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA	
Detener el sistema cuando el Lorry llegue al fin de carrera.	A	No detener el sistema cuando el Lorry llegue al fin de carrera.	4	Ausencia de la barra que soporta los topes mecánicos	No permite detener el desplazamiento del carro cuando este no ha sido detenido por el sistema de control, generando un esfuerzo en los cilindros (tapas) por el máximo desplazamiento del pistón. Se debe instalar la barra. Esta actividad tarda aproximadamente 3 horas.	<p>Patrón F</p> 
Detener el sistema cuando el Lorry llegue al fin de carrera.	A	No detener el sistema cuando el Lorry llegue al fin de carrera.	5	Microswiche flojo o suelto.	No permite que el sistema se detenga cuando el Lorry este en uno de los topes extremos, esto con el fin de controlar los esfuerzos presentes en el cable (sobretensión o baja tensión), llevando al carro hacia a los topes mecánicos o a los cilindros hidráulicos, generando sobreesfuerzos en estos, ya que ante su accionamiento puede presentar un desplazamiento del mismo y no generar la parada en el sistema. Se ajustar o dar el apriete necesario al microswiche para que quede operativo. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas.	<p>Patrón D</p> 
Detener el sistema cuando el Lorry llegue al fin de carrera.	A	No detener el sistema cuando el Lorry llegue al fin de carrera.	6	Señal de cableado interrumpida	El sistema se encuentra detenido y no permite ser rearmado e iniciar la marcha, dando una indicación errónea de la posición del carro en los topes mecánicos del microswiche. Se debe verificar el circuito eléctrico y realizar la reparación necesaria para normalizar la señal. Esta actividad tarda aproximadamente 1 hora.	<p>Patrón E</p> 

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS						
	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA	
13	Indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para controlar la elongación del cable	A No indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para controlar la elongación del cable	1 Números de indicación sobre la regla ilegibles.	Al momento de realizar la lectura de la posición del carro, se puede generar información incorrecta sobre el comportamiento de la elongación del cable, generando correctivos innecesarios o prematuros. Se debe rectificar los números sobre la regla para que de la indicación correcta. Esta actividad tarda aproximadamente 1 hora.	Patrón C	
	Indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para controlar la elongación del cable	A No indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para controlar la elongación del cable	2 Ausencia de la regla	No permite generar información sobre el comportamiento de la elongación del cable, para realizar los correctivos necesarios. Se debe instalar la regla de medida. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas.	Patrón F	
	Indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para controlar la elongación del cable	A No indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para controlar la elongación del cable	3 Ausencia de la bandera del carro	No permite observar la posición exacta del desplazamiento del carro, para ejecutar un control a la elongación del cable, siendo una medida subjetiva de acuerdo al observador que la realiza. Se debe instalar la bandera para realizar la medición correcta. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas.	Patrón F	
	Indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para controlar la elongación del cable	B Indicar erróneamente la posición del Lorry.	1 Bloqueo del Lorry debido a obstáculo en las guías de desplazamiento de las ruedas.	Se muestra una posición incorrecta del Lorry, debido a que no se desplaza libremente, por lo cual la indicación que se observa en la regla de medida no es la real. Se debe retirar el obstáculo para permitir el libre desplazamiento del carro. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas.	Patrón E	





ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS





FUNCION		FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
Indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para controlar la elongación del cable	B	Indicar erróneamente la posición del Lorry.	2 Ruedas con rodamientos bloqueados.	Se muestra una posición incorrecta del Lorry, debido a que no se desplaza libremente debido a la avería en los rodamientos, generando fricción, por lo cual la indicación que se observa en la regla de medida no es la real. Se deben cambiar los rodamientos. Esta actividad tarda aproximadamente 1 hora.	<p>Patrón C</p> 
Indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para controlar la elongación del cable	B	Indicar erróneamente la posición del Lorry.	3 Lorry desviado de su eje longitudinal.	Se muestra una posición incorrecta del Lorry, debido a que el carro se encuentra desviado de su eje y puede estar atorado en la misma estructura, lo cual no permite su correcto desplazamiento. Se debe corregir la posición del Lorry con respecto a su eje longitudinal. Esta actividad tarda aproximadamente 3 horas.	<p>Patrón D</p> 
Indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para controlar la elongación del cable	B	Indicar erróneamente la posición del Lorry.	4 Mala interpretación de la escala.	Se genera malas mediciones debido a la incorrecta interpretación de la escala de la regla de medición, confundiendo las subdivisiones de la misma. Se debe indagar si el operario tiene claro la escala de medición, de lo contrario se debe capacitar para la interpretación de la misma. Esta actividad tarda aproximadamente 0.15 horas.	<p>Patrón F</p> 






ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS					
	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
	Indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para controlar la elongación del cable	B Indicar erróneamente la posición del Lorry.	5 Descalibración de la regla de medición.	La regla puede estar desplazada de su correcta posición y no genera un dato que se pueda comparar con las mediciones realizadas anteriormente antes de la descalibración, generando correctivos innecesarios o prematuros. Se debe corregir la posición de la regla para continuar con las mediciones desde el mismo parámetro de ubicación. Esta actividad tarda aproximadamente 0.15 horas.	<p>Patrón F</p> 
	Indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para controlar la elongación del cable	B Indicar erróneamente la posición del Lorry.	6 Modificación de la correcta posición de la regla guía.	La regla puede estar invertida de su correcta posición y al ser observada puede generar un dato contrario y que al ser comparado con las mediciones realizadas anteriormente, pueden llevar a un diagnóstico equivocado del comportamiento de la elongación. Se debe corregir la posición de la regla para continuar con las mediciones desde el mismo parámetro de ubicación. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas.	<p>Patrón F</p> 
	Indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para controlar la elongación del cable	B Indicar erróneamente la posición del Lorry.	7 Soporte de la bandera torcido o desviado.	No permite observar la posición correcta del desplazamiento del carro, para ejecutar un control a la elongación del cable. Se debe corregir la posición del soporte del microswiche o en su defecto cambiarlo. Esta actividad tarda aproximadamente 0.5 horas.	<p>Patrón C</p> 

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS						
	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA	
14	Indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para verificar que en iguales condiciones tenga igual posición	A No indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para verificar que en iguales condiciones tenga igual posición	1 Bloqueo del Lorry debido a obstáculo en las guías de desplazamiento de las ruedas.	Aumenta la tensión, se detiene la instalación por sobre tensión y se puede presentar desviación del carro. Se debe retirar el elemento y verificar que la tensión aumente con un correcto desplazamiento del Lorry. Esta actividad tarda aproximadamente 0.1 horas.	<p>Patrón E</p> 	
	Indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para verificar que en iguales condiciones tenga igual posición	A No indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para verificar que en iguales condiciones tenga igual posición	2 Ruedas con rodamientos bloqueados.	Aumenta la tensión, se detiene la instalación por sobretensión. Se debe desmontar la rueda, cambiar el rodamiento y montar nuevamente la rueda, se debe subir la tensión y observar el libre desplazamiento del carro. Esta actividad tarda aproximadamente 1 hora.	<p>Patrón E</p> 	
	Indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para verificar que en iguales condiciones tenga igual posición	A No indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para verificar que en iguales condiciones tenga igual posición	3 Lorry desviado de su eje longitudinal.	No es posible aumentar la tensión, se detiene la instalación. Se debe verificar que no se encuentren elementos extraños en la pista de rodadura de las ruedas del Lorry, las válvulas 30a y 30b se deben encontrar abiertas y que no hallan fugas en los cilindros. Esta actividad tarda aproximadamente 3 horas.	<p>Patrón D</p> 	
	Indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para verificar que en iguales condiciones tenga igual posición	A No indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para verificar que en iguales condiciones tenga igual posición	4 Mala interpretación de la escala.	Datos registrados de manera incorrecta respecto a las condiciones dinamométricos del sistema. Se debe garantizar que las personas que toman las lecturas se ubiquen de manera perpendicular a la regla. Esta actividad tarda aproximadamente 0.1 horas.	<p>Patrón F</p> 	





ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS






	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
	Indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para verificar que en iguales condiciones tenga igual posición	A No indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para verificar que en iguales condiciones tenga igual posición	5 Descalibración de la regla de medición.	Datos incorrectos comparados con un patrón calibrado adecuadamente. Esta actividad tarda aproximadamente 0.15 horas.	<p>Patrón F</p> 
	Indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para verificar que en iguales condiciones tenga igual posición	A No indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para verificar que en iguales condiciones tenga igual posición	6 Modificación de la correcta posición de la regla guía.	Regla de medición no paralela al chasis del Lorry, no es posible tomar las lecturas correctas. Se debe asegurar de manera paralela y retirar obstáculo de ser necesario. Esta actividad tarda aproximadamente 0.15 horas.	<p>Patrón F</p> 
	Indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para verificar que en iguales condiciones tenga igual posición	A No indicar la posición del desplazamiento de la volante entre 0,5 y 5 m para verificar que en iguales condiciones tenga igual posición	7 Bandera torcida o desviada.	Bandera de activación no perpendicular a la regla, se toman lecturas erróneas. Se debe posicionar y asegurar adecuadamente el soporte. Esta actividad tarda aproximadamente 0.1 horas.	<p>Patrón B</p> 
15	Permitir el bloqueo del Lorry mecánicamente mediante topes fijados en el extremo del recorrido	A No permitir el bloqueo del Lorry mecánicamente mediante topes fijados en el extremo del recorrido	1 Topes incapaces de soportar la carga, por falla en sus fijaciones	En caso de falta del microswiche o avería del transductor de la central, no es posible detener el carro tanto en modo manual como automático, se presenta detención de la instalación por subtensión. Se debe posicionar y asegurar el tope o cambiarlo si es necesario. Esta actividad tarda aproximadamente 5 horas.	<p>Patrón C</p> 





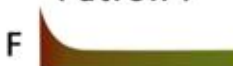

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS						
	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA	
	Permitir el bloqueo del Lorry mecánicamente mediante topes fijados en el extremo del recorrido	A No permitir el bloqueo del Lorry mecánicamente mediante topes fijados en el extremo del recorrido	2	Falta uno o los dos topes mecánicos.	En caso de falta del microswiche o avería del transductor de la central, no es posible detener el carro tanto en modo manual como automático, se presenta detención de la instalación por subtensión. Se debe instalar posicionar y asegurar el tope. Esta actividad tarda aproximadamente 0.5 horas.	 <p>Patrón F</p>
	Permitir el bloqueo del Lorry mecánicamente mediante topes fijados en el extremo del recorrido	A No permitir el bloqueo del Lorry mecánicamente mediante topes fijados en el extremo del recorrido	3	Topes mecánicos fisurados.	En caso de falta del microswiche o avería del transductor de la central, no es posible detener el carro tanto en modo manual como automático, se presenta detención de la instalación por subtensión. Se debe posicionar y asegurar el tope o cambiarlo si es necesario. Esta actividad tarda aproximadamente 0.5 horas.	 <p>Patrón E</p>
	Permitir el bloqueo del Lorry mecánicamente mediante topes fijados en el extremo del recorrido	A No permitir el bloqueo del Lorry mecánicamente mediante topes fijados en el extremo del recorrido	4	Mala posición de los topes mecánicos.	En caso de falta del microswiche o avería del transductor de la central, no es posible detener el carro tanto en modo manual como automático, se presenta detención de la instalación por subtensión. Se debe posicionar y asegurar el tope. Esta actividad tarda aproximadamente 0.5 horas.	 <p>Patrón F</p>
16	Delimitar el acceso al Lorry de tensión	A No delimitar el acceso al Lorry de tensión	1	Barandas sueltas o reventadas.	Se produce ruido en PLEM, puede generar riesgo mecánico para el operario y/o usuarios. Se debe torqupear adecuadamente y aplicar soldadura de ser necesario. Esta actividad tarda aproximadamente 0.75 horas.	 <p>Patrón C</p>

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS							
	FUNCION		FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA	
	Delimitar el acceso al Lorry de tensión	A	No delimitar el acceso al Lorry de tensión	2	Ausencia de barandas	Barandas sobre cilindros, Lorry, volante o vía de circulación de las cabinas; se deben instalar barandas reglamentarias y realizar torqueo una vez dispuestas. Esta actividad tarda aproximadamente 0.5 horas.	Patrón F 
	Delimitar el acceso al Lorry de tensión	A	No delimitar el acceso al Lorry de tensión	3	Falta de señalética	No se encuentra en sitio ningún tipo de señalética. Una vez instalada se debe verificar su estado y correcta fijación. Esta actividad tarda aproximadamente 0.25 horas.	Patrón F 
17	Indicar la presión de la central de tensión.	A	No indicar la presión de la central de tensión.	1	Falla en manómetro de medición 18 (UC 1680 de 0 a 250 Bar)	No es posible realizar lecturas análogas en sitio ni compararlas con la lectura digital. Se debe cambiar el manómetro. Esta actividad tarda aproximadamente 0.25 horas.	Patrón E 
	Indicar la presión de la central de tensión.	A	No indicar la presión de la central de tensión.	2	Válvula de paso de entrada al manómetro cerrada	No es posible realizar lecturas análogas en sitio ni compararlas con la lectura digital. Se debe abrir la llave de paso. Esta actividad tarda aproximadamente 0.1 horas.	Patrón F 
	Indicar la presión de la central de tensión.	A	No indicar la presión de la central de tensión.	3	Señal de cableado interrumpida	No es posible realizar lecturas digitales de la presión. Se genera detención de la instalación por presión mínima. Se debe revisar y/o cambiar el cableado entre transductor de presión, cofrecillo de PLEM, bornera de armario de control y módulo de seguridad de PLC. Esta actividad tarda aproximadamente 2 horas.	Patrón E 





ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS








FUNCION		FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
Indicar la presión de la central de tensión.	A	No indicar la presión de la central de tensión.	4 Transductor averiado	No es posible realizar lecturas digitales de la presión. Se genera detención de la instalación por presión mínima. Se debe cambiar el transductor teniendo precaución con las especificaciones de voltaje y corriente tanto de entrada como salida del elemento. Esta actividad tarda aproximadamente 1 horas.	Patrón E E 
Indicar la presión de la central de tensión.	B	Indicar la presión erróneamente.	1 Descalibracion en manómetro de medición 18 (UC 1680 de 0 a 250 Bar)	No es posible realizar lecturas exactas de presión de manera análoga; se observan diferencias considerables entre los valores análogo y digital. Se debe calibrar y certificar el funcionamiento del manómetro. Esta actividad tarda aproximadamente 0.1 horas.	Patrón E E 
Indicar la presión de la central de tensión.	B	Indicar la presión erróneamente.	2 Transductor descalibrado	No es posible realizar lecturas exactas de presión de manera digital; se observan diferencias considerables entre los valores análogo y digital. Se puede generar detenciones de la instalación si se pasan los umbrales máximo y mínimos debe cambiar el transductor teniendo precaución con las especificaciones de voltaje y corriente tanto de entrada como salida del elemento.	Patrón E E 
Indicar la presión de la central de tensión.	B	Indicar la presión erróneamente.	3 Señal de cableado interrumpida	No es posible realizar lecturas digitales de la presión. Se puede generar detención de la instalación al sobrepasar los umbrales máximo o mínimo. Se debe revisar y/o cambiar el cableado entre transductor de presión, cofrecillo de PLEM, bornera de armario de control y módulo de seguridad de PLC.	Patrón E E 



ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS					
	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
18	Aliviar la presión de la central cuando alcance una presión de 218 Bar (PN+20%)	A No permite aliviar la presión de la central cuando alcance una presión de 218 Bar (PN+20%)	1 Limitador de presión 15 descalibrado.	Este limitador impide que se alcance el valor nominal, produciendo parada del sistema por su constante operación o disparo. Se debe calibrar hasta que el sistema pueda alcanzar el valor nominal. Esta actividad tarda aproximadamente 0,75 horas.	<p>Patrón E</p> 
	Aliviar la presión de la central cuando alcance una presión de 218 Bar (PN+20%)	A No permite aliviar la presión de la central cuando alcance una presión de 218 Bar (PN+20%)	2 El limitador de presión 15 no se abre.	Se podrá presentar detención del sistema, si se aumenta mucho la presión al tirar y el limitador no se abre oportunamente, para disminuir la presión en el circuito. Se debe cambiar la válvula. Esta actividad tarda aproximadamente 0,75 horas.	<p>Patrón E</p> 
19	Permitir incrementar la presión mediante bomba manual	A No permite incrementar la presión mediante bomba manual	1 Falta de nivel de aceite	La bomba trabaja constantemente, puede generar vacíos en el circuito hidráulico y ocasionar una parada del sistema por presión baja. Se requiere completar el nivel de aceite. Esta actividad tarda aproximadamente 0,5 horas.	<p>Patrón F</p> 
	Permitir incrementar la presión mediante bomba manual	A No permite incrementar la presión mediante bomba manual	2 Desgaste en el pistón por corrosión	La presión del sistema no se mantiene en el valor nominal y la bomba trabaja constantemente, puede producir parada del sistema. Se requiere cambiar el cilindro. Esta actividad tarda aproximadamente 48 horas.	<p>Patrón C</p> 
	Permitir incrementar la presión mediante bomba manual	A No permite incrementar la presión mediante bomba manual	3 Desgaste en el pistón por fricción	La presión del sistema no se mantiene en el valor nominal y la bomba trabaja constantemente, puede producir parada del sistema. Se requiere cambiar el cilindro. Esta actividad tarda aproximadamente 48 horas.	<p>Patrón C</p> 









ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS						
	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA	
	Permitir incrementar la presión mediante bomba manual	A No permite incrementar la presión mediante bomba manual	4 Fuga en el circuito hidráulico	La presión del sistema desciende y la bomba trabaja constantemente, puede producir parada del sistema. Se necesita reemplazar el elemento implicado.	Patrón E	
	Permitir incrementar la presión mediante bomba manual	A No permite incrementar la presión mediante bomba manual	5 Obstrucción en tubería de succión	La bomba trabaja constantemente, puede generar vacíos en el circuito hidráulico y ocasionar una parada del sistema por presión baja. Se requiere verificar el circuito de succión y reparar.	Patrón C	
	Permitir incrementar la presión mediante bomba manual	A No permite incrementar la presión mediante bomba manual	6 Pin del pistón desacoplada	De requerirse la manipulación manual de la central de tensión para recuperar la presión, la bomba no cumple con el suministro requerido. Se puede generar vacío en el sistema, se debe reponer el pin y purgar el sistema.	Patrón E	
	Permitir incrementar la presión mediante bomba manual	A No permite incrementar la presión mediante bomba manual	7 Tubo de succión suelto	La bomba trabaja constantemente, puede generar vacíos en el circuito hidráulico y ocasionar una parada del sistema por presión baja. Se requiere verificar el circuito de succión y reparar.	Patrón F	
	Permitir incrementar la presión mediante bomba manual	A No permite incrementar la presión mediante bomba manual	8 Presencia de aire en el circuito de succión	La bomba trabaja constantemente, puede generar vacíos en el circuito hidráulico y ocasionar una parada del sistema por presión baja. Se requiere verificar el circuito de succión y reparar. Esta actividad tarda aproximadamente 24 horas.	Patrón F	
	Permitir incrementar la presión mediante bomba manual	A No permite incrementar la presión mediante bomba manual	9 Válvulas antiretorno bloqueadas	No se modifica el valor de la tensión y la presión desciende o se incrementa para realizar la regulación hasta salirse del umbral y producir una parada del sistema. Se deben cambiar estas válvulas. Esta actividad tarda aproximadamente 1 hora.	Patrón E	





ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS

	FUNCION		FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
20	Bloquear los cilindros en caso de falla por carga o presión-	A	No bloquea los cilindros en caso de falla por carga o presión-	1 Válvulas 40,1 y 40,2 bloqueadas (condición abierta)	No se modifica el valor de la tensión y la presión descende o se incrementa para realizar la regulación hasta salirse del umbral y producir una parada del sistema. Se deben cambiar estas válvulas. Esta actividad tarda aproximadamente 24 horas.	Patrón E E 
	Desbloquear los cilindros cuando la presión se encuentra en condiciones normales.	A	No permite desbloquear los cilindros cuando la presión se encuentra en condiciones normales.	2 Válvulas 40,1 y 40,2 bloqueadas (condición abierta)	No se modifica el valor de la tensión y la presión descende o se incrementa para realizar la regulación hasta salirse del umbral y producir una parada del sistema. Se deben cambiar estas válvulas. Esta actividad tarda aproximadamente 24 horas.	Patrón E E 
21	Almacenar aceite en el fondo de los cilindros.	A	No permite almacenar aceite en el fondo de los cilindros.	1 Bloqueo de la válvula antirretorno 19	Se crea un vacío en el circuito hidráulico, la regulación de aceite de una cámara a la otra es deficiente, si no se detecta a tiempo se crea corrosión en la cámara posterior al cilindro generando daños a los sellos, se debe cambiar válvula antirretorno	Patrón E E 
	Almacenar aceite en el fondo de los cilindros.	A	No permite almacenar aceite en el fondo de los cilindros.	2 Bloqueo de la válvula 33.1 y 33.2	Se crea un vacío en el circuito hidráulico, la regulación de aceite de una cámara a la otra es deficiente, si no se detecta a tiempo se crea corrosión en la cámara posterior al cilindro generando daños a los sellos, se deben cambiar las válvulas	Patrón E E 







ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS						
	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA	
	Almacenar aceite en el fondo de los cilindros.	A No permite almacenar aceite en el fondo de los cilindros.	3	Avería en la válvula antiretorno 20, no mantiene la presión mínima de 4 bares.	Aceite en cámara posterior del cilindro retorna casi todo en su totalidad al depósito, se puede quedar sin aceite, cuando se cumpla la función de tirar. Se debe cambiar válvula antirretorno	Patrón E E 
	Almacenar aceite en el fondo de los cilindros.	A No permite almacenar aceite en el fondo de los cilindros.	4	Fuga por los tapones del cilindro.	Perdida de aceite y de nivel, se pueden generar vacíos en el circuito hidráulico, requiere que sean corregidas las fugas ajustando o cambiando los tapones.	Patrón C C 
	Almacenar aceite en el fondo de los cilindros.	A No permite almacenar aceite en el fondo de los cilindros.	5	Fuga en la camisa del cilindro	La presión del sistema desciende y la bomba trabaja constantemente, puede producir parada del sistema. Se requiere cambiar el cilindro. Esta actividad tarda aproximadamente 48 horas.	Patrón C C 
	Almacenar aceite en el fondo de los cilindros.	A No permite almacenar aceite en el fondo de los cilindros.	6	Fuga en válvula 21 para toma de muestras.	Perdida de aceite por fuga en toma, se debe corregir la fuga para evitar daños en el sistema hidráulico. Esta actividad tarda aproximadamente 0,15 horas.	Patrón C C 
	Almacenar aceite en el fondo de los cilindros.	A No permite almacenar aceite en el fondo de los cilindros.	7	Fugas considerables en el circuito hidráulico.	La presión del sistema desciende y la bomba trabaja constantemente, puede producir parada del sistema. Se necesita reemplazar el elemento implicado.	Patrón C C 
22	Permitir aflojar el sistema en forma manual mecánicamente.	A No permite aflojar el sistema en forma manual mecánicamente.	1	Avería o ausencia de la manija de la válvula 14	No se libera la tensión, se puede convertir en una falla oculta, se debe hacer el cambio de la válvula y/o la válvula. Esta actividad tarda aproximadamente 0,5 horas.	Patrón E E 
	Permitir aflojar el sistema en forma manual mecánicamente.	A No permite aflojar el sistema en forma manual mecánicamente.	2	Avería de la válvula 32	No se libera la tensión, se debe hacer el cambio de la válvula. Esta actividad tarda aproximadamente 3 horas.	Patrón E E 

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS						
	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA	
23	Impedir el paso de material particulado de 10 micrones, en el circuito hidráulico.	A Permitir el paso de material particulado de más de 10 micrones	1 Filtro N° 9 averiado con ruptura de membrana	No cumple con la función de retener las partículas, se debe cambiar por el filtro adecuado o recomendado por el proveedor	Patrón E	
	Impedir el paso de material particulado de 10 micrones, en el circuito hidráulico.	A Permitir el paso de material particulado de más de 10 micrones	2 Filtro N° 9 inadecuado,	Permite el paso de aceite contaminado por una derivación paralela, por lo tanto debe ser instalado de forma correcta o si es necesario sustituirlo.	Patrón F	
	Impedir el paso de material particulado de 10 micrones, en el circuito hidráulico.	A Permitir el paso de material particulado de más de 10 micrones	3 Filtro N° 9 mal instalado	Permite el paso de aceite contaminado por una derivación paralela, por lo tanto se debe instalar el filtro.	Patrón F	
	Impedir el paso de material particulado de 10 micrones, en el circuito hidráulico.	A Permitir el paso de material particulado de más de 10 micrones	4 Ausencia del filtro.	Se presenta el paso de toda partícula, contaminando el aceite. Se debe instalar un filtro con las especificaciones propias para la central	Patrón F	
	Impedir el paso de material particulado de 10 micrones, en el circuito hidráulico.	B No permite el paso del fluido.	1 Filtro N° 9 colmatado.	Impide el paso de aceite por el circuito hidráulico a causa de materia particulado, se debe limpiar la tubería para retirar las partículas.	Patrón C	
	Impedir el paso de material particulado de 10 micrones, en el circuito hidráulico.	B No permite el paso del fluido.	2 Obstrucción en tubería.	Se incrementa la presión del sistema, ocasionando una parada del mismo. Es necesario reemplazar esta válvula.	Patrón E	
24	Garantizar el retorno de aceite al depósito principal.	A No permite el retorno de aceite al depósito principal.	1 Válvula antirretorno 20 de 4 bares bloqueada.	No cumple con la función de retener las partículas, se debe limpiar o cambiar la válvula. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas.	Patrón E	
	Garantizar el retorno de aceite al depósito principal.	A No permite el retorno de aceite al depósito principal.	2 Filtro N° 9 colmatado y válvula antirretorno alterna bloqueada.	Se genera parada del sistema por no liberar presión y tensión, se debe cambiar ambas válvulas. Esta actividad tarda aproximadamente 1 horas.	Patrón C	





ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS						
	FUNCION		FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
	Garantizar el retorno de aceite al depósito principal.	A	No permite el retorno de aceite al depósito principal.	3	Obstrucción en tubería de descarga	Se genera parada del sistema por no liberar presión y tensión, se debe purgar, limpiar y/o cambiar tubería y manguera flexibles. Esta actividad tarda aproximadamente 6 horas. Patrón E E 
25	Permitir drenar el aceite del depósito principal.	A	No permite drenar el aceite del depósito principal.	1	Avería interna en válvula 2	No se evacua el aceite rápidamente, se debe cambiar la válvula. Esta actividad tarda aproximadamente 1 horas. Patrón E E 
	Permitir drenar el aceite del depósito principal.	A	No permite drenar el aceite del depósito principal.	2	Obstrucción en la entrada a la válvula 2	No se evacua el aceite rápidamente, se debe cambiar la válvula. Esta actividad tarda aproximadamente 1 horas. Patrón E E 
	Permitir drenar el aceite del depósito principal.	A	No permite drenar el aceite del depósito principal.	3	Obstrucción en el respiradero 5	Impide el drenaje del aceite por daño o ausencia de la manija, se debe reparar o colocar la manija. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas. Patrón E E 
	Permitir drenar el aceite del depósito principal.	A	No permite drenar el aceite del depósito principal.	4	Avería o ausencia de la manija de la válvula 2	No permite visualizar correctamente el nivel de aceite, se debe purgar para sacar el aire del visor. Esta actividad tarda aproximadamente 0,15 horas. Patrón E E 
26	Indicar el nivel de aceite del sistema.	A	Indica erróneamente el nivel de aceite del sistema.	1	Presencia de aire en la toma del visor	No permite visualizar correctamente el nivel de aceite, se debe limpiar el respiradero y purgar para sacar el aire del visor. Esta actividad tarda aproximadamente 0,33 horas. Patrón E E 
	Indicar el nivel de aceite del sistema.	A	Indica erróneamente el nivel de aceite del sistema.	2	Respiradero de tanque N5 obstruido	No permite visualizar el nivel de aceite y realizar control sobre este, se debe cambiar el visor. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas. Patrón E E 
	Indicar el nivel de aceite del sistema.	B	No indica el nivel de aceite.	1	Visor deteriorado para su visualización.	No permite visualizar el nivel de aceite y realizar control sobre este, se debe limpiar o cambiar el visor. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas. Patrón C C 





ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS					
	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
	Indicar el nivel de aceite del sistema.	B No indica el nivel de aceite.	2 Visor obstruido por sedimentación	Se presenta fuga de aceite en los cilindros o en el tanque, puede generar parada del sistema cuando la fuga es considerable; se debe cambiar los sellos o de ser necesario el bloque. Esta actividad tarda aproximadamente 1 horas.	Patrón C 
27	Contener el aceite hidráulico del sistema.	A No permite contener el aceite hidráulico del sistema.	1 Válvulas y bloques con fuga por deterioro de sellos	Se genera pérdida de aceite y goteo, baja el nivel de aceite, puede generar parada del sistema cuando la fuga es considerable; se debe reparar el tanque. Esta actividad tarda aproximadamente 5 horas.	Patrón C 
	Contener el aceite hidráulico del sistema.	A No permite contener el aceite hidráulico del sistema.	2 Tanque con fuga por corrosión o picado del metal	Se genera pérdida de aceite y goteo, baja el nivel de aceite, Se presenta dificultad para mantener la tensión nominal y la bomba debe trabajar más, en caso de agudizarse la falla puede haber parada del sistema. Cambiar los sellos. Esta actividad tarda aproximadamente 4 horas.	Patrón C 
	Contener el aceite hidráulico del sistema.	A No permite contener el aceite hidráulico del sistema.	3 Cilindros sin ajuste en sus sellos frontales	Se genera pérdida de aceite y goteo, baja el nivel de aceite, se presenta dificultad para mantener la tensión nominal y la bomba debe trabajar más, puede generar parada del sistema. Se debe reparar el cilindro. Esta actividad tarda aproximadamente 24 horas.	Patrón E 
	Contener el aceite hidráulico del sistema.	A No permite contener el aceite hidráulico del sistema.	4 Fuga en cilindros debido a la presencia de corrosión	Se genera pérdida de aceite, baja el nivel de aceite, puede generar parada del sistema, se debe reparar o cambiar el elemento. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas.	Patrón C 







ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS




	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
	Contener el aceite hidráulico del sistema.	A No permite contener el aceite hidráulico del sistema.	5 Fugas en cualquiera de las tomas de muestra	Se genera perdida de aceite, baja el nivel de aceite, (efecto ambiental por derrame). Se deben reparar.	Patrón E E 
	Contener el aceite hidráulico del sistema.	A No permite contener el aceite hidráulico del sistema.	6 Fugas en el circuito hidráulico en general.	Se genera perdida de aceite, baja el nivel de aceite. Se debe reemplazar la válvula. Esta actividad tarda aproximadamente 0.33 horas.	Patrón E E 
	Contener el aceite hidráulico del sistema.	A No permite contener el aceite hidráulico del sistema.	7 Válvula 2 con fugas por falla en la bola	Se genera perdida de aceite, baja el nivel de aceite, si la fuga es excesiva se puede generar parada del sistema por baja presión y por tensión, en el circuito hidráulico se puede presentar vacíos, la bomba trabaja con cavitación, constantemente y podría dañarse. Se debe reemplazar la válvula y completar el nivel de aceite. Esta actividad tarda aproximadamente 1 horas.	Patrón E E 
28	Permitir la toma de presiones de los circuitos de retorno y alta presión.	A No permite la toma de presiones de los circuitos de retorno y alta presión.	1 Antiretorno bloqueada.	No se tiene un dato acertado de las presiones y un control sobre ella, se debe cambiar los antirretornos averiados.	Patrón E E 
	Permitir la toma de presiones de los circuitos de retorno y alta presión.	A No permite la toma de presiones de los circuitos de retorno y alta presión.	2 Toma muestra con rosca deteriorada	Se genera perdida de aceite, baja el nivel de aceite. Se debe reparar rápidamente avería en la rosca y/o reemplazar la toma. Esta actividad tarda aproximadamente 1 horas.	Patrón E E 
29	Proteger las bombas de las presiones de los circuitos de retorno y alta presión.	A No protege las bombas de las presiones de los circuitos de retorno y alta presión.	1 Válvula antiretorno 11 permite flujo bidireccional	Después de elevar la presión y cuando la bomba se detiene, la presión en el circuito comienza a descender hasta llegar a cero causando una parada por baja presión y tensión. Se debe cambiar la válvula. Esta actividad tarda aproximadamente 1 horas.	Patrón E E 






ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS

	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
	Proteger las bombas de las presiones de los circuitos de retorno y alta presión.	A No protege las bombas de las presiones de los circuitos de retorno y alta presión.	2 Válvula antirretorno 8 permite flujo bidireccional	Al tirar, la alta presión retorna por la bomba manual, daña la estanqueidad y la bomba, hay bajas presiones, la motobomba eléctrica trabaja constantemente, el sistema para por baja presión, se debe cambiar válvula antirretorno y si es del caso cambiar la bomba manual o los sellos.	Patrón E E 
	Proteger las bombas de las presiones de los circuitos de retorno y alta presión.	A No protege las bombas de las presiones de los circuitos de retorno y alta presión.	3 Válvula antirretorno 22 permite flujo bidireccional	Al tirar, la alta presión, dañaría la estanqueidad de la electroválvula 12.1, hay bajas presiones, la motobomba eléctrica trabaja constantemente, el sistema para por baja presión, se debe cambiar válvula antirretorno y si es del caso cambiar los sellos.	Patrón E E 
30	Compensar la presión del sistema a partir de 100 bares	A No permite compensar la presión del sistema a partir de 100 bares	1 Acumulador de nitrógeno sin presión de trabajo	No se sostiene en el sistema el caudal durante el procedimiento de tirar. No mantiene un valor de 100 bares de presión. No se amortiguan los picos de presión. Se debe recargar y verificar con el VGU.	Patrón E E 
	Compensar la presión del sistema a partir de 100 bares	A No permite compensar la presión del sistema a partir de 100 bares	2 Fuga de nitrógeno en acumulador por la válvula superior.	No se sostiene en el sistema el caudal durante el procedimiento de tirar. No mantiene un valor de 100 bares de presión. No se amortiguan los picos de presión. Se debe recargar y verificar con el VGU. La bomba trabaja constantemente	Patrón E E 





ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS					
	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
	Compensar la presión del sistema a partir de 100 bares	A No permite compensar la presión del sistema a partir de 100 bares	3 Fuga de nitrógeno en acumulador por perforación en el mismo.	La presión de aceite se tornara con mayor fuerza en el circuito hidráulico, no hay una amortiguación de la presión, se pierde el nitrógeno, se puede generar una explosión por perdida del gas si llegase a alcanzar una temperatura de ignición. Se debe realizar el cambio del acumulador inmediatamente regulado a la presión de 100 bares.	<p>Patrón E</p> 
	Compensar la presión del sistema a partir de 100 bares	A No permite compensar la presión del sistema a partir de 100 bares	4 Válvula de compensación del acumulador bloqueada	No compensa la presión del sistema, por lo tanto no garantiza los 100 bares de presión. Se debe cambiar el acumulador y realizarle mantenimiento.	<p>Patrón E</p> 
	Compensar la presión del sistema a partir de 100 bares	A No permite compensar la presión del sistema a partir de 100 bares	5 Membrana de acumulador cristalizada por temperatura y perdida de estanqueidad.	No se sostiene en el sistema el caudal durante el procedimiento de tirar. No mantiene un valor de 100 bares de presión. No se amortiguan los picos de presión. Se debe cambiar el acumulador y realizarle mantenimiento.	<p>Patrón C</p> 
31	Proteger eléctricamente los circuitos de alimentación de 24 v	A No permite proteger eléctricamente contra sobretensiones los circuitos de alimentación de 24 v	1 Tarjeta de protección de aislamiento fallan los varistores de forma abierta	No se presenta la protección en presencia de una sobretensión de voltaje, la central funciona en condiciones normales, en presencia de una sobretensión se afectarían otros equipos. Los varistores se les deben realizar un chequeo periódico y cambiarlo oportunamente si se detecta con problemas.	<p>Patrón E</p> 

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS							
	FUNCION		FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA	
	Proteger eléctricamente los circuitos de alimentación de 24 v	A	No permite proteger eléctricamente contra sobretensiones los circuitos de alimentación de 24 v	2	Protecciones contra sobretensiones con baja impedancia	Se presenta un defecto de 24 voltios que puede ser intermitente, o la falla de otro elemento por una sobretensión de voltaje. El elemento tiene que ser cambiado oportunamente.	Patrón E E 
32	Soportar la carga del sistema mediante fijaciones de los cilindros.	A	No permite soportar la carga del sistema mediante fijaciones de los cilindros.	1	Puntos de fijación pierden integridad estructural del material	Se observa levantamiento o desplazamiento de la estructura de fijación. (se requiere intervención de infraestructura)	Patrón E E 
	Soportar la carga del sistema mediante fijaciones de los cilindros.	A	No permite soportar la carga del sistema mediante fijaciones de los cilindros.	2	Pernos M45 embebidos en concreto fatigados.	Se observa levantamiento o desplazamiento de la estructura de fijación. (se requiere intervención de infraestructura)	Patrón C C 
	Soportar la carga del sistema mediante fijaciones de los cilindros.	A	No permite soportar la carga del sistema mediante fijaciones de los cilindros.	3	Eje de fijación de cilindros se agrieta por fatiga	Se presenta desajuste y desviación del cilindro (se debe parar la instalación y realizar la reparación inmediata).	Patrón C C 
33	Indicar el tipo y cantidad de aceite a suministrar a la central.	A	No permite Indicar el tipo de aceite a suministrar a la central.	1	Placa de central borrada	No permite visualizar los datos técnicos de la central y se puede adicionar un tipo de aceite diferente que degrade el existente o los componentes de la central (se debe colocar placa con los datos legibles)	Patrón C C 
	Indicar el tipo y cantidad de aceite a suministrar a la central.	A	No permite Indicar el tipo de aceite a suministrar a la central.	2	Placa de la central inexistente	No permite visualizar los datos técnicos de la central y se puede adicionar un tipo de aceite diferente que degrade el existente o los componentes de la central (se debe colocar placa.)	Patrón C C 

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS					
	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
	Indicar el tipo y cantidad de aceite a suministrar a la central.	A No permite Indicar el tipo de aceite a suministrar a la central.	3 Placa de datos de central hidráulica desprendida	Se corre el riesgo de que se extravíe los datos técnicos de la central y luego adicionar un tipo de aceite diferente que degrade el existente o los componentes de la central (se debe colocar la placa correctamente.)	Patrón F F 
	Indicar el tipo y cantidad de aceite a suministrar a la central.	B No indica la cantidad de aceite a suministrar a la central.	1 Placa de central borrada	No indica la cantidad de aceite en el depósito se corre el riesgo de suministrar la cantidad errónea (se debe cambiar la placa)	Patrón C C 
	Indicar el tipo y cantidad de aceite a suministrar a la central.	B No indica la cantidad de aceite a suministrar a la central.	2 Placa de la central inexistente	No indica la cantidad de aceite en el depósito se corre el riesgo de suministrar la cantidad errónea, esto puede ocasionar que el sistema coja aire por bajo nivel, o un rebose por alto nivelase debe instalar la placa)	Patrón F F 
	Indicar el tipo y cantidad de aceite a suministrar a la central.	B No indica la cantidad de aceite a suministrar a la central.	3 Placa de datos de central deteriorada	No permite visualizar los datos técnicos de la central y se puede adicionar una cantidad diferente de aceite (se debe colocar placa.)	Patrón C C 
34	Poseer una apariencia limpia y ordenada	A No posee una apariencia ordenada	1 Presencia de elementos no necesarios que incidan negativamente en el orden y aseo	Se pueden ocasionar accidentes en los operarios, debido a tropiezos, laceraciones, contacto con fluido hidráulico, entre otros; generando afectación en la salud ocupacional. Se debe realizar limpieza en el equipo y colocar los elementos en su debido lugar.	Patrón F F 






ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS						
	FUNCION		FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
	Poseer una apariencia limpia y ordenada	B	No posee una apariencia limpia	1	Central, cilindros o plataformas sucias y con presencia de elementos que muestren descuido respecto al orden y el aseo.	Se pueden ocultar averías como fisuras, generar contactos con fluidos que perjudiquen la salud, no permitir una correcta atención de una parada del sistema por presencia de elementos extraños al equipo, corrosión de partes metálicas..... 
35	Indicar el esquema hidráulico de funcionamiento	A	No permite indicar el esquema hidráulico de funcionamiento	1	Sin presencia del esquema hidráulico en la central de tensión	No se puede visualizar el esquema y se presentaría por parte del personal manipulación errónea de los elementos de la central hidráulica, se debe colocar una placa con los datos técnicos y el esquema hidráulico 
	Indicar el esquema hidráulico de funcionamiento	A	No permite indicar el esquema hidráulico de funcionamiento	2	Esquema hidráulico deteriorado o borrado por aceite o humedad	No se puede visualizar el esquema y se presentaría por parte del personal manipulación errónea de los elementos de la central hidráulica, se debe realizar periódicamente limpieza (una vez sea instalada) a la placa con los datos técnicos y el esquema hidráulico. 
36	Evitar el ingreso de aire al circuito hidráulico	A	Permite el ingreso de aire al circuito hidráulico.	1	Electroválvulas 12.1 con bobina quemada	El sistema se detiene porque el ciclo de tirar no se cumple eléctricamente, válvula bloqueada cerrada y no hay un momento de cebado del circuito hidráulico, se debe cambiar la bobina. 
	Evitar el ingreso de aire al circuito hidráulico	A	Permite el ingreso de aire al circuito hidráulico.	2	Electroválvulas 12.1 con accionamiento bloqueado	El sistema se detiene porque el ciclo de tirar no se cumple eléctricamente y no hay un momento de cebado del circuito hidráulico, se debe cambiar la bobina. 

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS


	FUNCION	FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
	Evitar el ingreso de aire al circuito hidráulico	A Permite el ingreso de aire al circuito hidráulico.	3 Electroválvula 12.1 desconectada	El sistema se detiene porque el ciclo de tirar no se cumple eléctricamente, quedando la válvula bloqueada abierta, todo el aceite retorna a tanque, el sistema se detiene por baja tensión al llegar al umbral permitido, se activa la bomba constantemente, se debe cambiar la válvula.	<p>Patrón E</p> 
	Evitar el ingreso de aire al circuito hidráulico	A Permite el ingreso de aire al circuito hidráulico.	4 Falta de nivel de aceite	La bomba trabaja constantemente, puede generar vacíos en el circuito hidráulico y ocasionar una parada del sistema por presión baja. Se requiere completar el nivel e aceite.	<p>Patrón F</p> 
	Evitar el ingreso de aire al circuito hidráulico	A Permite el ingreso de aire al circuito hidráulico.	5 Mangueras de succión desacopladas	La bomba trabaja constantemente, hay pérdida de aceite hidráulico, puede generar vacíos en el circuito hidráulico y ocasionar una parada del sistema por presión baja. Se requiere conectar las mangueras nuevamente o de ser necesario instalarlas nuevas si presentan deterioro las conexiones, se requiere completar el nivel e aceite.	<p>Patrón E</p> 
	Evitar el ingreso de aire al circuito hidráulico	A Permite el ingreso de aire al circuito hidráulico.	6 Respiradero de tanque N5 obstruido	No se eleva la presión por acumulación de aire en el tanque, se debe verificar que el respiradero se encuentre libre de impurezas se debe limpiar.	<p>Patrón E</p> 
	Evitar el ingreso de aire al circuito hidráulico	A Permite el ingreso de aire al circuito hidráulico.	7 Perdida de propiedades físico-químicas del aceite.	Produce espuma, lo cual genera cavitación, ruidos y vibración en la bomba, deterioro en las aspas de la bomba, material particulado en el aceite por deterioro en la estructura del depósito. Se debe realizar muestras de aceite, cambiar este a condición.	<p>Patrón E</p> 

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS						
	FUNCION		FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
	Evitar el ingreso de aire al circuito hidráulico	A	Permite el ingreso de aire al circuito hidráulico.	8 Válvula antiretorno 22 bloqueada	No se presenta cebado del circuito hidráulico, se puede presentar vacíos en el aceite, generando bajas presiones en el sistema, la válvula debe ser cambiada y purgar el circuito.	Patrón E E 
37	Contener una fuga de aceite moderada de la central.	A	No contener una fuga de aceite moderada de la central.	1 Bandeja con falta de estanqueidad por corrosión.	Derrames de aceite generando una contaminación ambiental, se debe cambiar la bandeja.	Patrón E E 
	Contener una fuga de aceite moderada de la central.	A	No contener una fuga de aceite moderada de la central.	2 Tapón averiado o ausencia del mismo.	Derrames de aceite generando una contaminación ambiental, se debe cambiar el tapón y/o reparar.	Patrón E E 
38	Permitir bloqueo manual de los cilindros para el cambio de anclaje	A	No permite bloqueo manual de los cilindros, para cambio de anclaje	1 Avería interna en válvula 32	No deja pasar el aceite para poder bloquear los cilindros manualmente. Se debe reparar la avería de esta válvula o cambiar si es necesario. Esta actividad tarda aproximadamente 3 horas.	Patrón E E 
	Permitir bloqueo manual de los cilindros para el cambio de anclaje	A	No permite bloqueo manual de los cilindros, para cambio de anclaje	2 Microswiche 34.3, 34.4, 34.5, averiados	No permite aflojar ni tirar el carro en forma manual, El tiempo para cambiar el contacto es de 0,5 horas, esta actividad se hace fuera del servicio comercial	Patrón E E 
	Permitir bloqueo manual de los cilindros para el cambio de anclaje	A	No permite bloqueo manual de los cilindros, para cambio de anclaje	3 Microswiche 34.3, 34.4, 34.5, sueltos o flojos	No permite aflojar ni tirar el carro en forma manual, El tiempo para cambiar el contacto es de 0,5 horas, esta actividad se hace fuera del servicio comercial	Patrón E E 

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS

	FUNCION		FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
	Permitir bloqueo manual de los cilindros para el cambio de anclaje	A	No permite bloqueo manual de los cilindros	4 Fuga en la tubería o acople al cilindro hidráulico.	Perdida de aceite por fuga en toma, la bomba trabaja constantemente, puede generar vacios en el circuito hidráulico y ocasionar una parada del sistema por presión baja. Se requiere completar el nivel de aceite. Se debe corregir la fuga para evitar daños en el sistema hidráulico. Esta actividad tarda aproximadamente 1 horas.	<p>Patrón E</p> 
39	Permitir el desplazamiento manual de los cilindros para el cambio de anclaje	A	No permitir el desplazamiento manual de los cilindros para el cambio de anclaje	1 Avería interna en válvula 32	No deja pasar el aceite para permitir el desplazamiento de los cilindros manualmente. Se debe reparar la avería de esta válvula o cambiar si es necesario. Esta actividad tarda aproximadamente 3 horas.	<p>Patrón E</p> 
	Permitir el desplazamiento manual de los cilindros para el cambio de anclaje	A	No permitir el desplazamiento manual de los cilindros para el cambio de anclaje	2 Avería interna en válvula 33.1 32.3	No deja pasar el aceite para poder desplazar los cilindros manualmente. Se debe reparar la avería de esta válvula o cambiar si es necesario. Esta actividad tarda aproximadamente 2 horas.	<p>Patrón E</p> 
	Permitir bloqueo manual de los cilindros para el cambio de anclaje	A	No permitir el desplazamiento manual de los cilindros para el cambio de anclaje	3 Microswiche 34.3, 34.4, 34.5, sueltos o flojos	No permite aflojar ni tirar el carro en forma manual, El tiempo para cambiar el contacto es de 0,5 horas, esta actividad se hace fuera del servicio comercial	<p>Patrón E</p> 
	Permitir bloqueo manual de los cilindros para el cambio de anclaje	A	No permitir el desplazamiento manual de los cilindros para el cambio de anclaje	4 Microswiche 34.1, 34 2, 34.6, 34,7 averiados	No permite aflojar ni tirar el carro en forma manual, El tiempo para cambiar el contacto es de 0,5 horas, esta actividad se hace fuera del servicio comercial	<p>Patrón E</p> 

ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS

FUNCION		FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLAS	EFECTO DE LA FALLA	PATRON DE LA FALLA
	Permitir bloqueo manual de los cilindros para el cambio de anclaje	A No permitir el desplazamiento manual de los cilindros para el cambio de anclaje	5 Fuga en la tubería o acople al cilindro hidráulico.	Perdida de aceite por fuga en toma, la bomba trabaja constantemente, puede generar vacios en el circuito hidráulico y ocasionar una parada del sistema por presión baja. Se requiere completar el nivel de aceite. Se debe corregir la fuga para evitar daños en el sistema hidráulico. Esta actividad tarda aproximadamente 1 horas.	<p>Patrón E</p> 

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 01 N1	H2 S2 02 N2	H3 S3 03 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4		
1	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Verificación de la operatividad del sistema al final de cada mantenimiento	A condición
	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar un repuesto disponible en el almacén satélite. Garantizar la disponibilidad de la herramienta disponible para el cambio. Realizar procedimiento escrito para el cambio de los ejes dinamométricos.	N/A
	B	1	S	N	N	S	N	N	N				Verificación de la operatividad del sistema al final de cada mantenimiento	A condición
	B	2	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar un repuesto disponible en el almacén satélite. Garantizar la disponibilidad de la herramienta disponible para el cambio. Realizar procedimiento escrito para el cambio de los ejes dinamométricos.	N/A
2	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto.	Mensual
	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto.	Mensual
	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto.	Mensual
3	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto de selector de la central de tensión	Mensual
	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto de cableado	Mensual
	B	1	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto de contacto de la central de tensión	Mensual
	B	2	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto de selector de la central de tensión	Mensual
	B	3	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto del modulo operativo rack	Mensual

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 01 N1	H2 S2 02 N2	H3 S3 03 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4		
	B	4	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto de cableado	Mensual
	B	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto de una electroválvula 12.2	Mensual
	B	6	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto de una electroválvula 12.2	Mensual
	B	7	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto de una electroválvula 12.2	Mensual
	B	8	S	N	N	S	S						Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto de una válvula antirretorno	
	B	9	S	N	N	S	S						Realizar inspección de la válvula 32 una vez finalizadas las labores de mantenimiento y alistamiento a PLEM, garantizando su correcta posición para la explotación comercial.	Diario
	B	10	S	N	N	S	S						Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto de una válvula estranguladora de caudal	
	B	11	S	N	N	S	S						Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto de los micros	
	B	12	S	N	N	S	S						Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto de los micros	
	C	1	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto del pulsador de la central de tensión	
	C	2	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto de selector de la central de tensión	
	C	3	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto del modulo operativo rack	
	C	4	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto de cableado	
	C	5	S	N	N	S	S						Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto de una válvula antirretorno	

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 01 N1	H2 S2 02 N2	H3 S3 03 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O			H4	H5	S4			
	C	6	N				S						Realizar un mantenimiento programado para verificar el aislamiento	
	C	7	S	N	N	S	S						Realizar una rutina de medición de vibraciones al equipo.	Mensual
	C	8	S	N	N	S	S						Desmontar el equipo y realizar cambio de elementos averiados encontrados	
	C	9	S	N	N	S	S						Realizar una demarcación del cableado antes de realizar una desconexión eléctrica.	
	C	10	S	N	N	S	S						Desmontar el equipo y realizar cambio de elementos averiados encontrados	
	C	11	S	N	N	S	S						Cambiar el filtro de colmatación.	
	C	12	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto de una válvula	
	C	13	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto de una válvula	
	C	14	S	N	N	S	S						Realizar el cambio de sellos	
	C	15	N				S						Realizar una inspección mediante ultrasonido para escuchar posibles roces entre el cilindro y la camisa para detectar fallas potenciales	A condición
	C	16	N				S						Realizar una inspección mediante ultrasonido para escuchar posibles roces entre el cilindro y la camisa para detectar fallas potenciales	A condición
	C	17	N				S						Realizar una inspección mediante ultrasonido para escuchar posibles roces entre el cilindro y la camisa para detectar fallas potenciales	A condición
	C	18	S	N	S		S						Realizar inspecciones periódicas para detectar posibles fugas	semanal
	C	19	S	N	N	S	N						Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto.	
	C	20	S	N	N	S	N						Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto.	
4	A	1	S	N	N	S	S						Garantizar que se realice dicha actividad en rutina de mantenimiento. Cambiar las válvulas de ser necesario.	Bienal
	A	2	S	N	N	S	S						Realizar rutinas eléctricas, para verificar operatividad de las señales y detectar posibles fallas	Anual

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4		
	A	3	S	N	N	S	S						Realizar desmontaje del motor y realizar mantenimiento de este.	Bienal
	A	4	S	N	N	S	S						Realizar inspecciones periódicas de vibraciones para detectar posibles fallas	Semestral
	A	5	N				S						Realizar pruebas con la bomba para verificar su operatividad	Semestral
	A	6	S	N	N	S	S						Verificar operatividad del equipo después de cada desconexión	A condición
	A	7	N				S						Garantizar una bomba de repuesto en el almacén general	A condición
	A	8	S	N	N	S	S						Realizar rutina de mantenimiento para verificar estado del filtro Garantizar repuesto disponible en el almacén general	Mensual
	A	9	N				S						Ningún mantenimiento programado, se debe Garantizar una válvula de repuesto en el almacén satélite	A condición
	A	10	N				S						Ningún mantenimiento programado, se debe Garantizar una válvula de repuesto en el almacén satélite	A condición
	A	11	N				S						Ningún mantenimiento programado, se debe Garantizar repuesto disponible en el almacén general. Realizar procedimiento para cambio de las juntas	N/A
	A	12	N				S						Realizar una inspección mediante ultrasonido para escuchar posibles roces entre el cilindro y la camisa para detectar fallas potenciales	A condición
	A	13	N				S						Realizar una inspección mediante ultrasonido para escuchar posibles roces entre el cilindro y la camisa para detectar fallas potenciales	A condición
	A	14	N				S						Realizar una inspección mediante ultrasonido para escuchar posibles roces entre el cilindro y la camisa para detectar fallas potenciales	A condición
	A	15	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe Garantizar un repuesto disponible en el almacén satélite. Garantizar la disponibilidad de la herramienta disponible para el cambio. Realizar procedimiento escrito para el cambio de los ejes dinamométricos.	N/A

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 01 N1	H2 S2 02 N2	H3 S3 03 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O			H4	H5	S4			
	A	16	S	N	N	S	S						Realizar rutina de mantenimiento para verificar nivel de aceite en la central. Garantizar aceite de repuesto en acopio.	Mensual
	A	17	S	N	S		S						Realizar inspecciones periódicas para detectar posibles fugas. Garantizar stock de mangueras de repuesto para la central.	semanal
	B	1	S	N	N	S	S						Verificar parámetros del sistema	Diario
	B	2	S	N	S		S						Realizar inspecciones periódicas para detectar posibles fugas	Semanal
	B	3	S	N	N	S	S						Realizar inspección de la bomba por preventivo Garantizar bomba de repuesto en almacén general.	Anual
	B	4	N				S						Verificación de funcionamiento de la válvula 15	Anual
	B	5	S	N	N	S	S						Realizar rutina de mantenimiento para verificar estado del filtro Garantizar repuesto disponible en el almacén general	Bienal
	A	6	N				S						Ningún mantenimiento programado, se debe Garantizar una válvula de repuesto en el almacén satélite	A condición
	B	7	N				S						Garantizar un repuesto disponible en el almacén general. Garantizar la disponibilidad de la herramienta disponible para el cambio. Realizar procedimiento escrito para el cambio de las juntas.	N/A
	B	8	N				S						Garantizar en sitio repuesto para hacer el cambio oportunamente	N/A
	B	9	S	N	N	S	S						Realizar rutina de mantenimiento para verificar nivel de aceite en la central. Garantizar aceite de repuesto en acopio.	Mensual
	B	10	N				S						Realizar una inspección mediante ultrasonido para escuchar posibles roces entre el cilindro y la camisa para detectar fallas potenciales	a condición
	B	11	N				S						Realizar una inspección mediante ultrasonido para escuchar posibles roces entre el cilindro y la camisa para detectar fallas potenciales	a condición

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 01 N1	H2 S2 02 N2	H3 S3 03 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4		
	B	12	S	N	N	N	S						Verificar diariamente desplazamiento del Lorry. Garantizar ruedas de repuesto en almacén general. Realizar procedimiento de cambio de las ruedas.	N/A
5	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar un repuesto disponible en el almacén satélite. Garantizar la disponibilidad de la herramienta disponible para el cambio. Realizar procedimiento escrito para el cambio de los ejes dinamométricos.	N/A
	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar la disponibilidad de repuesto en el almacén satélite de cada línea	N/A
	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar la disponibilidad de repuesto en el almacén satélite de cada línea	N/A
	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar la disponibilidad de repuesto en el almacén satélite de cada línea	N/A
	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar la disponibilidad de repuesto en el almacén satélite de cada línea con las mismas especificaciones	N/A
	A	6	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar la disponibilidad de repuesto en el almacén satélite de cada línea con las mismas especificaciones	N/A
	A	7	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar la disponibilidad de repuesto en el almacén satélite de cada línea con las mismas especificaciones	N/A
	A	8	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar la disponibilidad de repuesto en el almacén satélite de cada línea con las mismas especificaciones	N/A
	A	9	S	N	N	S	S						Manipular en modo manual la central (tirar) y luego pasarla a modo automático para que ella regule observando su comportamiento durante este proceso.	Mensual
	B	1	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar la disponibilidad de repuesto en el almacén satélite de cada línea con las mismas especificaciones	N/A

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 01 N1	H2 S2 02 N2	H3 S3 03 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4		
	B	2	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar la disponibilidad de repuesto en el almacén satélite de cada línea con las mismas especificaciones	N/A
	B	3	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar la disponibilidad de repuesto en el almacén satélite de cada línea con las mismas especificaciones	N/A
	B	4	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar la disponibilidad de repuesto en el almacén satélite de cada línea con las mismas especificaciones	N/A
	B	5	S	N	N	S	S						Manipular en modo manual la central (tirar) y luego pasarla a modo automático para que ella regule observando su comportamiento durante este proceso.	Mensual
	B	6	S	N	N	S	S						Se deben ejecutar labores de inspección sobre el estado y posición de válvulas, ruedas, topes de nylon y rieles de rodadura del Lorry	Mensual
6	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar la disponibilidad de repuesto en el almacén satélite de cada línea con las mismas especificaciones	N/A
	A	2	S	N	N	S	S						Estandarizar una base de datos para revisar y ajustar los parámetros de operación luego de labores de mantenimiento en la central y en los autómatas de control.	Mensual
	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar la disponibilidad de repuesto en el almacén satélite de cada línea con las mismas especificaciones	N/A
	A	4	S	N	N	S	S						Estandarizar una base de datos para revisar y ajustar los parámetros de operación luego de labores de mantenimiento en la central y en los autómatas de control.	Mensual
	B	1	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar la disponibilidad de repuesto en el almacén satélite de cada línea con las mismas especificaciones	N/A
	B	2	S	N	N	S	S						Estandarizar una base de datos para revisar y ajustar los parámetros de operación luego de labores de mantenimiento en la central y en los autómatas de control.	Mensual

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 01 N1	H2 S2 02 N2	H3 S3 03 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4		
	B	3	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar la disponibilidad de repuesto en el almacén satélite de cada línea con las mismas especificaciones	N/A
	B	4	S	N	N	S	S						Estandarizar una base de datos para revisar y ajustar los parámetros de operación luego de labores de mantenimiento en la central y en los autómatas de control.	Mensual
7	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar la disponibilidad de repuesto en el almacén satélite de cada línea con las mismas especificaciones	N/A
	A	2	S	N	N	S	S						Estandarizar una base de datos para revisar y ajustar los parámetros de operación luego de labores de mantenimiento en la central y en los autómatas de control.	Mensual
	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar la disponibilidad de repuesto en el almacén satélite de cada línea con las mismas especificaciones	N/A
	A	4	S	N	N	S	S						Estandarizar una base de datos para revisar y ajustar los parámetros de operación luego de labores de mantenimiento en la central y en los autómatas de control.	Mensual
	B	1	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar la disponibilidad de repuesto en el almacén satélite de cada línea con las mismas especificaciones	N/A
	B	2	S	N	N	S	S						Estandarizar una base de datos para revisar y ajustar los parámetros de operación luego de labores de mantenimiento en la central y en los autómatas de control.	Mensual
	B	3	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar la disponibilidad de repuesto en el almacén satélite de cada línea con las mismas especificaciones	N/A
	B	4	S	N	N	S	S						Estandarizar una base de datos para revisar y ajustar los parámetros de operación luego de labores de mantenimiento en la central y en los autómatas de control.	Mensual

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 01 N1	H2 S2 02 N2	H3 S3 03 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4			
8	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar la disponibilidad de repuesto en el almacén satélite de cada línea con las mismas especificaciones	N/A	
	B	2	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar la disponibilidad de repuesto en el almacén satélite de cada línea con las mismas especificaciones	N/A	
9	A	1	S	N	N	S	S						Realizar inspección del estado del Lorry y todos sus componentes antes de la operación comercial.	Diario	
	A	2	S	N	N	S	S						Realizar manipulación manual de la central (tirar y aflojar) para observar el libre desplazamiento de las ruedas, garantizar la existencia de ruedas y rodamientos en el almacén satélite de cada línea	Mensual	
	A	3	S	N	N	S	S						Realizar manipulación manual de la central (tirar y aflojar) para observar el libre desplazamiento del Lorry sobre los rieles de desplazamiento. Garantizar la existencia de topes de Nylon en el almacén satélite de cada línea.	Mensual	
	A	4	S	N	N	S	S						Verificar el torque de los pernos y la inclinación adecuada de la estructura respecto al Lorry y la volante retorno	3 Meses	
	A	5	S	N	N	S	S						Verificar que los rieles de desplazamiento estén siempre libres de objetos, el estado de los cilindros	3 Meses	
	B	1	S	S			S							Realizar ensayos no destructivos a la estructura y a los ejes de las ruedas de Lorry	AÑO
	B	2	S	S			S							Realizar ensayos no destructivos a la estructura y a los ejes de las ruedas de Lorry	AÑO
10	A	1	S	N	N	S	S						Realizar inspección del estado del Lorry y todos sus componentes antes de la operación comercial.	Diario	
	A	2	S	N	N	S	S						Realizar manipulación manual de la central (tirar y aflojar) para observar el libre desplazamiento de las ruedas, garantizar la existencia de ruedas y rodamientos en el almacén satélite de cada línea	Mensual	

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 01 N1	H2 S2 02 N2	H3 S3 03 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O			H4	H5	S4			
	A	3	S	N	N	S	S						Realizar manipulación manual de la central (tirar y aflojar) para observar el libre desplazamiento del Lorry sobre los rieles de desplazamiento. Garantizar la existencia de topes de Nylon en el almacén satélite de cada línea.	Mensual
	A	4	S	N	N	S	S						Verificar el torque de los pernos y la inclinación adecuada de la estructura respecto al Lorry y la volante retorno	3 Meses
	A	5	S	N	N	S	S						Verificar que los rieles de desplazamiento estén siempre libres de objetos, el estado de los cilindros	3 Meses
11	A	1	S	N	N	S	S	N	N				Realizar la verificación del torque de los tornillos, aplicando el torque requerido para el tipo de tornillo y las necesidades requeridas.	6 meses
	A	2	S	N	N	S	S	N	N				Realizar el cambio de los tornillos, se debe inspeccionar el tornillo o los tornillos con ensayos no destructivos.	6 meses
	A	3	S	N	N	S	S	N	N				Inspección de la platina, verificando que no se presenten deformaciones de la platina que a su vez conlleva a deformaciones en los tornillos Hm 16 x 100.	anual
	A	4	S	N	N	S	S	N	N				Realizar verificación de la alineación de entre las rotulas y los cilindros, llevando todo el conjunto a que sea concéntrico.	anual
	A	5	S	N	N	S	S	N	N				Realizar labores de aseo y limpieza, detectando presencia de corrosión. Si se detecta corrosión, se debe programar la intervención para inspeccionar en detalle si internamente puede haber más daños por esta causa.	anual
	A	6	S	N	N	S	S	N	N				Realizar inspección a la rotula para detectar desechos por desgaste o fracturas de la rotula.	mensual
	A	7	S	N	N	S	S	N	N				Realizar inicialmente la marcación de la ubicación de la placa en su correcta posición y luego verificar en inspecciones la correcta ubicación de la placa de centrado de la rotula.	mensual

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 01 N1	H2 S2 02 N2	H3 S3 03 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4		
12	A	1	S	N	N	S	S	N	N				Realizar la activación del microswiche, verificando la indicación en el panel de control y que se presente el defecto posición del carro. De no presentarse dicho defecto, se debe revisar las condiciones del microswiche y de la señal eléctrica del mismo.	quincenal
	A	2	S	N	N	S	S	N	N				Verificar la calibración y reglaje del tope mecánico	6 meses
	A	3	S	N	N	S	S	N	N				Verificar la presencia del tope mecánico.	mensual
	A	4	S	N	N	S	S	N	N				Verificar la presencia de la barra de soporte de los topes mecánico.	Mensual
	A	5	S	N	N	S	S	N	N				Verificar el correcto ajuste del microswiche. De no tener el correcto ajuste se procede a corregir tal situación.	mensual
	A	6	S	N	N	S	S	N	N				Realizar pruebas de seguimiento de la señal digital, activando el microswiche y observando que si se presente el cambio de condición tanto en el panel de control como en el modulo de seguridad (Rack 15, situación 7, entrada E249, 1).	mensual
13	A	1	S	N	N	N	S	N	N				Verificar y realizar, si es necesario, la remarcación de los números de la regla.	6 meses
	A	2	S	N	N	N	S	N	N				Instalar una nueva regla de medición.	6 meses
	A	3	S	N	N	N	S	N	N				Instalar la bandera del carro, la cual permite ver el desplazamiento del carro (esto ante la ausencia de la misma).	diariamente
	B	1	S	N	N	N	S	N	N				Realizar seguimiento diario, durante las mismas horas, al desplazamiento del Lorry; en caso de que se presente una medida igual durante varios días, se debe realizar la verificación de que no haya obstáculos en la guía de desplazamiento, si lo hay, se debe proceder a retirarlo. Si no hay obstáculo, se coloca la central en manual y se realiza un pequeño desplazamiento del carro, verificando que se recorra una distancia libremente.	diariamente
	B	2	S	N	N	N	S	N	N				Realizar seguimiento diario, durante las mismas horas; en caso de que se presente una medida igual durante varios días, se procede a verificar el estado de los rodamientos del carro. Si se encuentran los rodamientos averiados, se programa su cambio.	diariamente

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 01 N1	H2 S2 02 N2	H3 S3 03 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4		
	B	3	S	N	N	N	S	N	N				Realizar seguimiento diario al desplazamiento del Lorry, durante las mismas horas; en caso de que se presente una medida igual durante varios días, se debe realizar la verificación de que el carro no presente una desviación con respecto a su eje. De ser así, se debe corregir dicha situación utilizando ayudas mecánicas para colocar nuevamente el Lorry sobre su eje operacional.	diariamente
	B	4	S	N	N	N	S	N	N				Indagar a los operarios sobre la interpretación de la escala de la regla y como registrar el valor correcto, durante las mismas horas y con condiciones operacionales similares. De no ser así, se dan las instrucciones apropiadas y se genera un documento donde se den los parámetros de interpretación y con las condiciones preestablecidas.	mensual
	B	5	S	N	N	N	S	N	N				Realizar la marcación de la correcta ubicación de la regla y luego realizar verificaciones periódicas de la correcta posición.	6 meses
	B	6	S	N	N	N	S	N	N				Realizar la marcación de la correcta ubicación de la regla y luego realizar verificaciones periódicas que la regla mantenga la misma posición inicial.	6 meses
	B	7	S	N	N	N	S	N	N				Realizar la marcación de la correcta ubicación del galibo y luego realizar verificaciones periódicas que el galibo mantenga la misma posición inicial.	6 meses
14	A	1	S	N	N	N	S	N	N				Realizar seguimiento diario al desplazamiento del Lorry; en caso de que se presente una medida igual durante varios días, se debe realizar la verificación de que no haya obstáculos en la guía de desplazamiento, si lo hay, se debe proceder a retirarlo. Si no hay obstáculo, se coloca la central en manual y se realiza un pequeño desplazamiento del carro, verificando que se recorra una distancia libremente.	diariamente
	A	2	S	N	N	N	S	N	N				Realizar seguimiento diario al desplazamiento del Lorry; en caso de que se presente una medida igual durante varios días, se procede a verificar el estado de los rodamientos del carro. Si se encuentran los rodamientos averiados, se programa su cambio.	diariamente

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 01 N1	H2 S2 02 N2	H3 S3 03 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4		
	A	3	S	N	N	N	S	N	N				Realizar seguimiento diario al desplazamiento del Lorry; en caso de que se presente una medida igual durante varios días, se debe realizar la verificación de que el carro no presente una desviación con respecto a su eje. De ser así, se debe corregir dicha situación utilizando ayudas mecánicas para colocar nuevamente el Lorry sobre su eje operacional.	diariamente
	A	4	S	N	N	N	S	N	N				Indagar a los operarios sobre la interpretación de la escala de la regla y como registrar el valor correcto. De no saberlo, se dan las instrucciones apropiadas y se genera un documento donde se den los parámetros de interpretación.	mensual
	A	5	S	N	N	N	S	N	N				Realizar la marcación de la correcta ubicación de la regla y luego realizar verificaciones periódicas de la correcta posición.	6 meses
	A	6	S	N	N	N	S	N	N				Realizar la marcación de la correcta ubicación de la regla y luego realizar verificaciones periódicas que la regla mantenga la misma posición inicial.	6 meses
	A	7	S	N	N	N	S	N	N				Realizar la marcación de la correcta ubicación del galibo y luego realizar verificaciones periódicas que el galibo mantenga la misma posición inicial.	6 meses
15	A	1	S	S			S						Realizar verificaciones del ajuste (torque) de los pernos de sujeción del tope, la presencia de fisuras en los tornillos o en el tope. Si se encuentra novedad con el ajuste, se debe proceder a realizar el torque correspondiente de los tornillos. Los topes deben ser verificados con ensayos no destructivos.	3 años
	A	2	S	S			S						Verificar que los elementos se encuentren presentes, verificar torque a tornillería.	Anual
	A	3	N				S						Inspeccionar visualmente el estado de los topes, mediante equipos de control.	Bienal
	A	4	S	S			S						Inspeccionar visualmente el estado de los topes mecánicos.	Anual

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 01 N1	H2 S2 02 N2	H3 S3 03 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O			H4	H5	S4			
16	A	1	S	S			N						Inspeccionar visualmente el estado de las barandas durante los alistamientos a PLEM	Diario
	A	2	S	S			N						Inspeccionar visualmente el estado de las barandas durante los alistamientos a PLEM	Diario
	A	3	N				N	N	N	N	S		Verificar la presencia de las señáletica e instalar las faltantes.	Diario
17	A	1	S	N	N	N	S						Calibración del manómetro por parte de un ente certificado.	Anual
	A	2	S	N	N	N	S						Inspección del estado del manómetro que este indicando un valor de lectura.	Diario
	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar un repuesto en sitio para el cambio oportuno.	N/A
	A	4	S	N	N	S	S						Garantizar en sitio repuesto para hacer el cambio oportunamente	N/A
	B	1	S	N	N	N	S						Se debe calibrar y certificar el funcionamiento del manómetro.	Anual
	B	2	S	N	N	S	S						Garantizar en sitio repuesto para hacer el cambio oportunamente	N/A
18	A	1	N				S						Verificación de funcionamiento de la válvula 15 y garantizar repuesto en almacén general	Anual
	A	2	N				S						Verificación de funcionamiento de la válvula 15 y garantizar repuesto en almacén general	Anual
19	A	1	S	N	N	S	S						Realizar rutina de mantenimiento para verificar nivel de aceite en la central, controlar fugas de aceite. Garantizar aceite de repuesto en acopio.	Diario
	A	2	N				S						Realizar rutina de mantenimiento implementando análisis de aceites	Trimestral
	A	3	N				S						Realizar rutina de mantenimiento, verificando estado del piston, implementación análisis de aceites	Trimestral/Bien al
	A	4	S	N	S		S						Control de fugas de aceite en el equipo.	Diario
	A	5	N				S						Se requiere verificar el circuito de succión y reparar.	Anual
	A	6	S	N	N	S	N	N	N				Mantener un repuesto en el almacén satélite.	N/A

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 01 N1	H2 S2 02 N2	H3 S3 03 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O			H4	H5	S4			
	A	7	N				S						Se requiere verificar el circuito de succión y reparar.	Bienal
	A	8	N				S						Se requiere verificar el circuito de succión y reparar.	Bienal
	A	9	N				S						Mantener repuestos en el almacén satélite.	N/A
20	A	1	N				S						Garantizar que se realice dicha actividad en rutina de mantenimiento. Cambiar las válvulas de ser necesario.	Bimestral
	A	2	N				S						Garantizar que se realice dicha actividad en rutina de mantenimiento. Cambiar las válvulas de ser necesario.	Bienal
21	A	1	S	N	N	S	S						Garantizar en sitio repuesto para hacer el cambio oportunamente	N/A
	A	2	S	N	N	S	S						Garantizar que se realice dicha actividad en rutina de mantenimiento. Cambiar las válvulas de ser necesario.	Bienal
	A	3	S	N	N	S	S						Garantizar en sitio repuesto para hacer el cambio oportunamente	N/A
	A	4	N				S						Garantizar que se realice dicha actividad en rutina de mantenimiento. Cambiar las válvulas de ser necesario.	Bienal
	A	5	N				S						Garantizar que se realice dicha actividad en rutina de mantenimiento. Cambiar las válvulas de ser necesario.	Bienal
	A	6	N				S						Garantizar que se realice dicha actividad en rutina de mantenimiento. Cambiar las válvulas de ser necesario.	Bienal
	A	7	N				S						Garantizar que se realice dicha actividad en rutina de mantenimiento. Cambiar las válvulas de ser necesario.	Bienal
22	A	1	N				S						Garantizar el correcto funcionamiento de la válvula de paso 14. Cambiar las válvulas de ser necesario. inspeccion visual por el operario	tres meses
	A	2	S	N	S		S						Garantizar el correcto funcionamiento de la válvula de paso 32. Cambiar las válvulas de ser necesario. inspeccion visual por el operario	tres meses


Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 01 N1	H2 S2 02 N2	H3 S3 03 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4		
23	A	1	N				S						Garantizar que se realice dicha actividad en rutina de mantenimiento. Cambiar el filtro de ser necesario.	Bienal
	A	2	N				N	N	N	S	S		Ningún mantenimiento, brindar capacitación adecuada a los técnicos, tener repuesto en el almacén	N/A
	A	3	S	N	S		S						Ningún mantenimiento, brindar capacitación adecuada a los técnicos, tener repuesto en el almacén	N/A
	A	4	S	N	S		N	N	N	N	N		Ningún mantenimiento, brindar capacitación adecuada a los técnicos, tener repuesto en el almacén	N/A
	B	1	S	N	N		S	S					Cambiar el filtro de colmatación y garantizar repuesto del filtro en almacén.	Mensual
	B	2	N				S						Garantizar que se realice dicha actividad en rutina de mantenimiento. Cambiar las válvulas de ser necesario.	Mensual
24	A	1	S	N	S		S						Garantizar que se realice dicha actividad en rutina de mantenimiento. Cambiar las válvulas de ser necesario.	Bienal
	A	2	S	N	N	S	S						Cambiar el filtro de colmatación y válvula antirretorno, garantizar repuestos en almacén.	Mensual
	A	3	N				S						Garantizar que se realice dicha actividad en rutina de mantenimiento. Cambiar los componentes averiados de ser necesario.	Mensual
25	A	1	S	N	S		S						Garantizar que se realice dicha actividad en rutina de mantenimiento. Cambiar las válvulas de ser necesario.	Bienal
	A	2	S	N	N	S	S						Cambiar el filtro de colmatación y válvula antirretorno, garantizar repuestos en almacén.	Mensual
	A	3	N				S						Garantizar que se realice dicha actividad en rutina de mantenimiento. Cambiar los componentes averiados de ser necesario.	Mensual
	A	4	N				S						Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto de una válvula.	N/A

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 01 N1	H2 S2 02 N2	H3 S3 03 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O			H4	H5	S4			
26	A	1	S	N	N	S	S						Garantizar que se realice dicha actividad en rutina de mantenimiento, y/o purgar circuito. Cambiar la mirilla de ser necesario.	Diariamente
	A	2	N				S						Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar que este elemento no esté obstruido	Diariamente
	B	1	S	N	N	S	S						Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto en el almacén.	Diariamente
	B	2	S	N	N	S	S						Ningún mantenimiento programado. Se debe garantizar repuesto en el almacén.	Diariamente
27	A	1	S	N	S		S						Garantizar que se realice dicha actividad en rutina de mantenimiento. Garantizar la(s) válvulas de repuesto.	Mensual
	A	2	S	N	S		S						Garantizar que se realice dicha actividad en rutina de mantenimiento.	Diariamente
	A	3	N				S						Garantizar repuestos en almacén general, Realizar el cambio de sellos	N/A
	A	4	S				N						Ningún mantenimiento programado, se debe Garantizar repuesto disponible en el almacén general. Realizar procedimiento para cambio de las juntas	N/A
	A	5	S	N	S		S						Garantizar que se realice dicha actividad en rutina de mantenimiento. Cambiar las válvulas de ser necesario.	Diariamente
	A	6	S	N	S		S						Garantizar que se realice dicha actividad en rutina de mantenimiento. Garantizar mangueras, tuberías y válvulas de repuesto.	Diariamente
	A	7	S	N	N	S	S						Realizar una inspección de la válvula 2 en busca de goteos o indicios de deterioro	Semestral
28	A	1	S	N	N	N							Ningún mantenimiento programado	N/A
	A	2	S	N	N	S	S						Evaluar el estado de la rosca de la toma muestra mediante ensayos no destructivos	Anual

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 01 N1	H2 S2 02 N2	H3 S3 03 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O			H4	H5	S4			
29	A	1	S	N	N	S	S						Realizar una inspección mediante ultrasonido de fugas incipientes en el antirretorno 11 para detectar fallas potenciales	Trimestral
	A	2	S	N	N	S	S						Realizar una inspección mediante ultrasonido de fugas incipientes en el antirretorno 8 para detectar fallas potenciales	Trimestral
	A	3	S	N	N	S	S						Realizar una inspección mediante ultrasonido de fugas incipientes en el antirretorno 22 para detectar fallas potenciales	Trimestral
30	A	1	S	N	N								Realizar una medida de la presión de nitrógeno de manera que se pueda verificar 100 Bar	Semestral
	A	2	N				S						Realizar una medida de la presión de nitrógeno de manera que se pueda verificar 100 Bar, garantizando correcta estanqueidad de la válvula superior	Semestral
	A	3	S	N	S		S						Realizar una medida de la presión de nitrógeno de manera que se pueda verificar 100 Bar, realizar ensayos no destructivos, garantizar acumulador de repuesto	Semestral
	A	4	N				S						Realizar una prueba al acumulador de nitrógeno de manera que se pueda verificar el correcta funcionamiento de la válvula de compensación, garantizar acumulador de repuesto	Semestral
	A	5	N				S						Realizar una medida de la presión de nitrógeno de manera que se pueda verificar la estanqueidad del mismo, 100 Bar, verificar el correcto funcionamiento de la membrana, garantizar acumulador de repuesto	Semestral
31	A	1	N				S						Realizar verificación a los varistores de protección del circuito de 24V, garantizar varistores de repuesto	Mensual
	A	2	N				S						Realizar medición a la impedancia de los varistores de protección del circuito de 24V. Garantizar varistores de repuesto	Mensual

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 01 N1	H2 S2 02 N2	H3 S3 03 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O			H4	H5	S4			
32	A	1	S	S			S						Inspección visual por el operario	Diario
	A	2	N				S						Realizar ensayos no destructivos a los pernos de fijación. Garantizar pernos M45 de repuesto	Trienal
	A	2	N				S						Realizar ensayos no destructivos al eje de fijación. Garantizar eje de fijación de repuesto	Trienal
33	A	1	S	N	N	S	S						Inspección visual por el operario	Trimestral
	A	2	S	N	N	S	S						Inspección visual por el operario, garantizar base de datos con la información de la placa (carta de lubricación)	Trimestral
	A	3	S	N	N	S	S						Inspección visual por el operario, garantizar base de datos con la información de la placa, (carta de lubricación).	Trimestral
	B	1	N				N	N	S	N	N	N	Cambiar o Instalar placa, Adecuar niveles de aceite,	N/A
	B	2	N				N	N	S	N	N	N	Cambiar o Instalar placa, Adecuar niveles de aceite,	N/A
	B	3	N				N	N	S	N	N	N	Cambiar o Instalar placa, Adecuar niveles de aceite,	N/A
34	A	1	S				S						Inspección visual por el operario, garantizar orden	Diario
	B	2	S				S						Inspección visual por el operario, garantizar orden	Diario
35	A	1	S	N	N	N	S						Inspección visual por el operario, garantizar base de datos con el esquema hidráulico e instalar	Trimestral
	A	2	S	N	N	N	S						Inspección visual por el operario, garantizar base de datos con el esquema hidráulico e instalar	Trimestral
36	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar repuestos en almacén general, Realizar el cambio de la electroválvula	N/A
	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar repuestos en almacén general, Realizar el cambio de la electroválvula	N/A
	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar repuestos en almacén general, Realizar el cambio de la electroválvula	N/A


Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 01 N1	H2 S2 02 N2	H3 S3 03 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4		
	A	4	N				S						Verificar el nivel de aceite	Diario
	A	5	S	N	S		S						Inspección visual por el operario.	Diario
	A	6	N	S									Verificar el correcto funcionamiento y limpieza del respiradero	Anual
	A	7	N	S									Realizar análisis físico químico del aceite	Dos meses
	A	8	S	N	N	S	S						Verificar funcionamiento de válvula antirretorno. Disponer repuesto en el almacén general	Anual
37	A	1	S	N	S								Inspección visual por el operario.	Diario
	A	2	S	N	S								Inspección visual por el operario.	Diario
38	A	1	N	N	N	S	S						Garantizar el correcto funcionamiento de la válvula de paso 32. Cambiar las válvulas de ser necesario. inspeccion visual por el operario	tres meses
	A	2	S	N	N	S	N						Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto.	
	A	3	S	N	N	S	N						Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto.	
	A	4	N				S						Garantizar que se realice dicha actividad en rutina de mantenimiento. Cambiar las válvulas de ser necesario.	Bienal
39	A	1	N	N	N	S	S						Garantizar el correcto funcionamiento de la válvula de paso 32. Cambiar las válvulas de ser necesario. inspeccion visual por el operario	tres meses
	A	2	N	N	N	S	S						Garantizar el correcto funcionamiento de la válvula de paso 33.1 y 32.3 Cambiar las válvulas de ser necesario. inspeccion visual por el operario	tres meses
	A	3	S	N	N	S	N						Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto.	
	A	4	S	N	N	S	N						Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto.	
	A	5	N				S						Garantizar que se realice dicha actividad en rutina de mantenimiento. Cambiar las válvulas de ser necesario.	Bienal

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

5 CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO


5.1 Conclusiones

- Con este sistema de análisis de RCM2, aplicado a la central de tensión de la línea J, se permitió implementar y rediseñar nuevas rutinas de mantenimiento, dado que por el contexto operacional, de casi las 24 horas durante los 365 días al año este sistema se mantiene en operación por lo tanto las rutinas sugeridas por el constructor, se quedan cortas para lograr un nivel de rendimiento acorde con la programación de operación del Metro de Medellín
- Este análisis permite administrar de modo más eficiente los recursos tanto humanos como repuestos y consumibles, reduciendo los costos de intervención en mantenimiento, debido a que se planifican las actividades que contribuyen a la operatividad de la central de tensión, aplicando las estrategias requeridas para aumentar la disponibilidad.
- Adicionalmente se disminuye la compra de partes lo que representa un mayor ahorro en las compras en el exterior.
- El 54% de los patrones de falla son tipo “E”, falla al azar; 22 % pertenecen al patrón “C” probabilidad de falla que crece lentamente; el 20% responde al “F” comienza con mortalidad infantil y pasa luego a constante; algunos componentes tienen poca probabilidad de fallar en edad temprana; 1.5 para los tipos” y “B” mortalidad infantil 1% para los tipos “A”

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

- El análisis arrojó 39 funciones, 249 modos de falla, 177 tareas con frecuencia de diferentes periodos. El manual del fabricante sugiere cambiar las electroválvulas, las juntas, el motor, detector de presión y los filtros mediante mantenimiento mayor y no por condición. (SA, 2004).
- Por el comportamiento de los componentes se tienen diversas tareas en el mantenimiento, dicho plan contiene 177 tareas por condición, 3 por sustitución cíclica, 4 rediseños y 65 casos donde no se requiere ningún mantenimiento.
- Este trabajo queda como referencia para que las nuevas centrales de tensión de los próximos cables, sean susceptibles de mejoras y así poder reducir los costos de mantenimiento y operación garantizando su durabilidad en el tiempo.

5.2 RECOMENDACIONES: Las recomendaciones sobre este trabajo se encuentran en la tabla de tareas propuestas, para cada una de las actividades.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-03-14

REFERENCIAS

(Fibertel) Juan. (2007, noviembre 15). *RCM – Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.*

Gamara, P. TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO. 2009

Moubray, J. (2004). Reliability Centered Maintenance. Lutterworth: Aladon Ltda. edición en español.

Mantenimiento y confiabilidad, (1999). revista Mundo eléctrico n° 53, Orvisa comunicaciones Ltda.

SA, P. (2008) Manual central de tensión L J TEN 13, POMAGAL SKI, Francia.SA

Antonio Hernández González MTTO31 Evidencia No. 5 16 de Junio de 2014

PEREZ J, Carlos Mario. Gerencia de Mantenimiento – Sistemas de

Información. Soporte y Cia Ltda – Colombia

§ RCM2 – Reliability – Centered – Maintenance. Aladon, Inglaterra

¿Otras versiones de RCM?, revista Mundo eléctrico n° 53, Orvisa comunicaciones Ltda 1999.

INFOGRAFIA

- <http://www.gestiopolis.com/rcm-mantenimiento-centrado-en-confiabilidad/>
- <http://grupomaquinamortal.blogspot.com.co/2010/11/mantenimiento-centrado-en-la.html>
- <http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/26-articulos-destacados/17-plan-de-mantenimiento-basado-en-rcm>
- <https://mantenimientoindustrial.wikispaces.com/Plan+de+mantenimiento+basado+en+RCM++-+Inicio>

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: _____