

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

ESCUELA DE POSGRADO

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
DE ENERGÍA**



**“MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD Y SU
INFLUENCIA EN LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS
DE UNA PLANTA CONCENTRADORA”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

**ERICK ARMANDO ACUÑA OJEDA
RENZO WLADIMIR VARGAS NEYRA**

Callao, 2019
PERÚ

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

JURADO EXAMINADOR Y ASESOR DE TESIS

Presidente : ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY

Secretario : VLADIMIRO CONTRERAS TITO

Miembro : JUAN FRANCISCO OCHOA ARRASCO

Miembro : JUAN CARLOS HUAMÁN ALFARO

Suplente

ASESOR: **ELISEO PÁEZ APOLINARIO**

Ni de libro de acta de sustentación: 46 y 47

Ni de acta de sustentación: 01

Fecha de aprobación de la tesis 08/09/2019

DEDICATORIA:

A mis padres quienes en todo momento me brindaron su apoyo y confianza, gracias a ellos puedo cumplir uno de mis objetivos propuestos.

Erick Armando Acuña Ojeda

DEDICATORIA:

A mis padres por acompañarme y apoyarme
en cada etapa de mi vida.

Renzo Wladimir Vargas Neyra

AGRADECIMIENTOS:

Agradecemos a los docentes por brindarnos todo el apoyo en el desarrollo de la presente Maestría, impartiéndonos sus enseñanzas para afrontar con éxito los nuevos retos que se nos presenten tanto en el ámbito profesional como en el ámbito personal.

Agradecemos también a la Universidad Nacional del Callao, por el buen desempeño para el desarrollo de la presente Maestría.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	7
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1 DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	9
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	10
1.2.1 PROBLEMA GENERAL.....	10
1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS	10
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	10
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
1.4 LIMITANTES	11
II. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	11
2.2 BASES TEÓRICAS	26
2.3 CONCEPTUAL.....	42
2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	42
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	48
3.1 HIPÓTESIS	48
3.1.1 HIPÓTESIS GENERAL	48
3.1.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA.....	48
3.2 DEFINICION CONCEPTUAL DE VARIABLES.....	48
3.3 OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES	49
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	50
4.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	50
4.2 METODO DE INVESTIGACIÓN.....	50
4.3 POBLACION Y MUESTRA.....	51
4.4 LUGAR DE ESTUDIO Y PERIODO	51
4.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	51

4.6	ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS	51
V.	RESULTADOS	57
5.1	RESULTADO DESCRIPTIVOS	57
5.2	RESULTADO INFERENCIALES	63
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	67
6.1	CONTRASTACION DE LA HIPOTESIS CON LOS RESULTADOS	67
6.2	CONTRASTACION DE RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS SIMILARES.....	68
	CONCLUSIONES	70
	RECOMENDACIONES	72
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
	ANEXOS	
	MATRIZ DE CONSISTENCIA	
	HOJA DE INFORMACION RCM II	

TABLAS DE CONTENIDO

Tabla 3.1	49
Tabla 4.1	56
Tabla 4.2	58
Tabla 4.3	63
Tabla 4.4	64
Tabla 4.5.....	65
Tabla 4.6.....	66

TABLA DE GRÁFICOS

Gráfico 1.....	7
Gráfico 2.....	8
Gráfico 4.1.....	55
Gráfico 4.2.....	56

TABLA DE FIGURAS

Figura 1	7
Figura 2.1	28
Figura 2.2.....	36
Figura 2.3.....	38
Figura 2.4.....	43
Figura 2.5.....	44
Figura 2.6.....	45
Figura 4.1	58
Figura 4.2.....	59
Figura 4.3.....	60
Figura 4.4.....	61
Figura 4.5.....	62

RESUMEN

La presente investigación se realizó con la finalidad de determinar el nivel de influencia que tendría la estrategia del RCM si se implementa en una planta concentradora del rubro de minería que procesa hierro, para tal efecto se han revisado una serie de textos relacionados al mantenimiento centrado en confiabilidad o RCM, así como también se investigó referencias del uso de indicadores de performance (KPI) , los cuales nos ayudaran a tomar decisiones certeras cuando nos encontremos en un escenario desfavorable al presentarse fallas potenciales en los distintos activos de la planta concentradora, las cuales si no se toman acciones previas antes de que fallen, podrían generar grandes pérdidas a la empresa y en algunos casos podrían dañar la integridad del personal.

Para la presente investigación se está tomando las recomendaciones que indica el RCM II, los cuales se podrían resumir en los siguientes puntos:

- Se deberá de realizar una clasificación de los equipos mediante un nivel de jerarquía.
- Luego se debe de seleccionar la metodología para realizar la categorización de criticidad de los equipos.
- Se deberá de definir las funciones y parámetros de funcionamiento.
- Posteriormente se deberá de realizar el análisis de modo y efecto de fallas, en principio solo de los equipos que tengan una criticidad A.

La presente investigación se desarrolló en varias etapas, iniciando por la revisión del historial de intervención de uno de los activos críticos, registrando los indicadores de performance (KPI) antes de implementar la presente propuesta, posteriormente se implementó las recomendaciones que indica el RCM, y finalmente se revisaron los resultados obtenidos en uno de los activos críticos, evidenciándose que estos fueron favorables y llegando a la conclusión que de acuerdo a estos resultados se recomienda aplicar la metodología del RCM en el resto de los activos de criticidad A y posteriormente en un mediano plazo deberá de implementarse en los activos de criticidad B.

Palabras claves: Mantenimiento, Confiabilidad, Mantenibilidad, Disponibilidad.

ABSTRACT

The present investigation was carried out with the purpose of determining the level of impact that the RCM strategy would have if it were implemented in a concentrator plant of the mining sector that processes iron. For this purpose, a series of texts related to Reliability Centered Maintenance or RCM were reviewed, as well as references to the use of Key Performance Indicators (KPI) which will help us make accurate decisions when we find ourselves in an unfavorable scenario when faults appear in the different equipment of the concentrator plant. The consequences of not taking action before those possible faults occur could include large losses in the company or even damage the integrity of the staff.

For the present investigation, the guidelines indicated in the RCM are being taken into consideration, which could be summarized in the following points:

- A classification of the equipment must be carried out through a hierarchy level.
- Then we must select the methodology to perform the categorization of the criticality of the equipment.
- The functions and functionality parameters must be defined.
- Afterwards, the mode analysis and failure effect should be performed, al first only of the equipment that has a criticality A.

The present investigation was developed in several stages, beginning by reviewing the intervention history of one of the critical teams, identifying the indicator values (KPI) before implementing the present proposal, subsequently implementing the recommendations indicated by the RCM, and finally, the results obtained in one of the critical equipment were reviewed, evidencing that these were favorable and finally according to these results it is recommended to apply the RCM methodology in the rest of the criticality A teams and later in the medium term it should be implemented in criticality equipment B

Key words: Maintenance, Reliability, Maintainability, Availability

RESUMO

A presente investigação foi realizada com o objetivo de determinar o nível de influência que a estratégia de RCM teria se fosse implementada em uma planta concentradora do setor de mineração que processa ferro, para esse fim uma série de textos relacionados à manutenção com foco na confiabilidade ou RCM, bem como referências ao uso de indicadores de desempenho (KPI) foram investigados, o que nos ajudará a tomar decisões precisas quando nos encontrarmos em um cenário desfavorável devido a potenciais falhas nos diferentes ativos da planta concentradora, que Se não anterior as ações são tomadas antes que falhem, podem gerar grandes prejuízos para a empresa e, em alguns casos, podem prejudicar a integridade do pessoal.

Para a presente investigação, estão sendo acatadas as recomendações indicadas pelo RCM II, que poderão ser resumidas nos seguintes pontos:

- A classificação das equipes deve ser realizada por meio de um nível de hierarquia.
- Em seguida, você deve selecionar a metodologia para realizar a categorização de criticidade do equipamento.
- As funções e parâmetros operacionais devem ser definidos.
- Posteriormente, a análise do modo de falha e efeito deve ser realizada, em princípio apenas do equipamento que possui uma criticidade A.

Esta pesquisa desenvolveu-se em várias etapas, partindo da revisão do histórico de intervenção de um dos ativos críticos, registrando os indicadores de desempenho (KPI) antes de implementar esta proposta, posteriormente foram implementadas as recomendações indicadas pelo RCM e, por fim, os resultados obtidos em um dos ativos críticos foram revisados, mostrando que estes foram favoráveis e concluindo que de acordo com esses resultados é recomendado aplicar a metodologia RCM nos demais ativos de criticidade A e posteriormente em um prazo médio deve ser implementado em ativos de criticidade B.

Palavras chave: Manutenção, Confiabilidade, Manutenibilidade, Disponibilidade.

INTRODUCCION

La minería es uno de los pilares de la economía peruana, actualmente el Perú es un importante productor mundial de metales, en tal sentido es un gran aporte a la economía el que realiza la minería, ya que representa más del “10% del total del PBI y cerca del 62% del valor de las exportaciones”.¹

Figura 1 Exportaciones por grupo de productos

Exportaciones por grupo de productos (Millones US\$)			
	Ene.18	Ene.19	Var. %
1. Productos tradicionales	2 947	2 602	-11,7
Pesqueros	11	159	-,-
Agrícolas	48	52	10,1
Mineros	2 462	2 107	-14,4
Petróleo y gas natural	427	284	-33,5
2. Productos no tradicionales	1 129	1 220	8,1
Agropecuarios	582	670	15,2
Pesqueros	86	82	-4,8
Textiles	101	124	22,0
Maderas y papeles, y sus manufacturas	24	27	10,5
Químicos	121	117	-2,8
Minerales no metálicos	47	42	-10,4
Sidero-metalúrgicos y joyería	110	103	-6,1
Metal-mecánicos	48	45	-5,8
Otros ^{1/}	10	10	0,9
3. Otros ^{2/}	13	13	2,8
4. TOTAL EXPORTACIONES	4 089	3 835	-6,2

1/ Incluye pieles y cueros y artesanías, principalmente.
2/ Comprende la venta de combustibles y alimentos a naves extranjeras y la reparación de bienes de capital.
Fuente: Sunat y BCRP.

Gráfico 1 Participación de la minería en el impuesto a la renta



¹ **El Comercio. 2018.** [En línea] 24 de 05 de 2018. [Citado el: 08 de 05 de 2019.]

<https://elcomercio.pe/economia/peru/mineria-peruana-represento-alrededor-10-pbi-2017-noticia-522403>.

Esto de manera directa e indirecta contribuye al desarrollo social y urbano; es una ventaja que el suelo peruano cuente con distintos tipos de minerales, debido a ello en las últimas décadas fueron incrementándose la presencia de empresas mineras con ello se ha incrementado la explotación de los distintos minerales; según el portal “América Economía, en el Perú existe 398 unidades mineras que actualmente están en plena producción, y existen 100 compañías que están en proceso de exploración”²

Para la presente investigación se toma como referencia una planta del sector minero, el cual produce Hierro, esta planta inicia operaciones en el año 1992; en sus inicios y hasta hace 1 año esta empresa llegó a tener una producción promedio de 10 millones de toneladas de concentrado de hierro al año, aprox. 25,000.00 toneladas de concentrado de hierro por día, por otro lado, la empresa desde sus inicios hasta la actualidad ha generado más de 4000 puestos de trabajo.

Gráfico 2 Participación de la minería en los tributos internos



En los últimos años la minera objeto de estudio, inició su proyecto de ampliación de producción, la cual consistía en la construcción de una nueva planta concentradora, llegando así a una capacidad de producción de 20 millones de

² **2011.** *América Economía.* [En línea] 10 de 04 de 2011. [Citado el: 08 de 05 de 2019.] [https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/peru-existen-398-unidades-mineras-en-produccion-y-100-companias-realizando-explo.](https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/peru-existen-398-unidades-mineras-en-produccion-y-100-companias-realizando-explo)

toneladas por año, aproximadamente 50,000.00 toneladas de concentrado de hierro por día.

Ante este incremento de producción y para garantizar la disponibilidad de los activos de esta nueva planta, se realizará un estudio e investigación para que se pueda garantizar la disponibilidad de la planta en cuanto al sistema eléctrico e instrumentación se refiere.

De acuerdo con lo descrito, en la presente tesis plantearemos el uso del RCM como herramienta para ver la influencia que éste tiene en la disponibilidad de la planta y de sus activos.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

En la presente tesis se abordará la problemática que actualmente se tiene en esta empresa minera, el cual su principal actividad es la extracción, procesamiento y exportación de hierro; se hará el estudio específicamente en los sistemas eléctricos e Instrumentación de los equipos de la planta concentradora en el circuito de trituración y zaranda

Desde el mes de setiembre del 2018 la planta ha iniciado operaciones, sin embargo este periodo de operaciones no ha sido el que se tenía esperado, ya que se han presentado constantemente fallas en los equipos tanto del área mecánica como de las áreas eléctricas y de instrumentación, los cuales en varias ocasiones han afectado la producción, lo que conlleva a tener una indisponibilidad de equipos y de la planta por varios periodos, y de forma repetitiva, esta indisponibilidad se traduce en pérdidas económicas para la empresa, en tal sentido se tiene como objetivo garantizar una disponibilidad mínima del 95% de los equipos y de la planta, en cuanto al sistema eléctrico e instrumentación se refiere, para ello será necesario revisar el plan de mantenimiento actual, así como realizar un análisis de las fallas que se viene presentando y mediante el uso de las herramientas informáticas y herramientas estadísticas, plantear las posibles soluciones a la problemática en un mediano y corto plazo, en tal sentido para abordar esta problemática, se plantea usar la metodología del RCM.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1 Problema General

¿En qué medida el mantenimiento basado en confiabilidad influye en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora?

1.2.2 Problemas Específicos

- a) ¿En qué medida la determinación de los equipos críticos influye en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora?

- b) ¿En qué medida la elaboración del análisis de modo y efectos de fallas influye en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora?

- c) ¿En qué medida definir las funciones y parámetros de funcionamiento, influyen en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Determinar la influencia del mantenimiento basado en confiabilidad en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.

1.3.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar la metodología para realizar un análisis de criticidad e identificar a los equipos que influyan en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora

- b) Elaborar el análisis de modos y efectos de fallas de los equipos críticos que influyan en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora

- c) Definir las funciones y parámetros de funcionamiento que influyan en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.

1.4. Limitantes de la investigación

1.4.1. Limitante teórica

Se ha encontrado información tanto virtual como textos respecto a mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), pero la información respecto a mantenimiento en plantas concentradoras ha sido muy limitada.

1.4.2. Limitante Temporal

La presente investigación se realiza en un periodo de 6 meses, por lo cual la información recopilada para el análisis de la presente investigación se realizó a una cantidad limitada de equipos.

1.4.3. Limitante Espacial

La presente investigación se realiza a los activos de las áreas eléctrica e instrumentación de una planta concentradora, por ello los resultados que se obtengan luego de realizar los análisis estadísticos serán aplicados solamente para las áreas eléctrica e instrumentación.

II. MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONAL Y NACIONAL

Investigaciones Internacionales:

“En la investigación de **Mendoza Carbajal, Cesar**, titulada “**Sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad para motores eléctricos de inducción**”, para optar el grado de Magister en Ciencias por la Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia 2016”.³

³ **Mendoza Carbajal, Cesar. 2016. Sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad para motores eléctricos de inducción. Bolivia : s.n., 2016..**

Resumen

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM es una metodología de gestionar el mantenimiento de instalaciones industriales. El RCM fue desarrollado en la industria de la aviación civil, esta metodología busca determinar las actividades de mantenimiento necesarias para que los activos fijos sigan realizando las funciones para la que fueron construidos.

El proceso de RCM involucra la identificación de cuáles son las funciones que debe realizar un activo fijo bajo las condiciones particulares en que opera. La aplicación del RCM involucra el análisis de causas de los estados de falla y sus efectos, estableciendo una actividad de mantenimiento que elimine o reduzca los efectos de las fallas a un valor aceptable. Dichas tareas de mantenimiento deben ser técnicamente factibles de realizarse y su ejecución debe resolver adecuadamente las consecuencias que se pretende prevenir.

El desarrollo del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad se llevó a cabo en la Industria de Chocolates Breick, donde primeramente se determina la cantidad de fallas de los 19 sistemas de un total de 76 motores durante un año en la gestión 2014, posteriormente se determina la confiabilidad del sistema en función al diagrama de producción.

En el primer semestre 2015 se realiza la capacitación al personal de mantenimiento sobre este tipo de mantenimiento RCM, en el segundo semestre de 2015 y primer semestre 2016 se registra la cantidad de fallas de todo el sistema y se realiza el análisis de confiabilidad de todo el Proceso.

Una vez realizado esta comparación se puede apreciar que el valor de la fiabilidad post RCM está por encima de la situación sin RCM.

Conclusión:

Al realizar un análisis RCM en los motores eléctricos de la industria como el caso de Chocolates BREICK podemos concluir los siguientes puntos:

- El análisis de RCM en la planta debe servir de guía para poder desarrollar este tipo de análisis en otros equipos estratégicos.
- El RCM se puede aplicar a cualquier equipo o sistema, lo fundamental es preparar una persona o facilitador en RCM, con la colaboración del

personal técnico de la planta que tiene conocimientos sobre el proceso de producción, funcionamiento, operación, fallas, mantenimiento, etc.

- Al realizar este análisis se tiene una base de datos sobre parámetros eléctricos obtenidos con el analizador de redes
- Una vez realizado el análisis e implementado el RCM se reduce el número de fallas de 38 en 255 días a 30 en 263 días más que en el primer caso.
- El RCM implementado para motores eléctricos en la industria BREICK reduce los tiempos de parada y aumenta la disponibilidad de los motores de 93% a 95%
- La confiabilidad aumenta de 61.13% a 67.40%
- El análisis de confiabilidad por sistemas serie y paralelo nos muestra que aumenta de 18% a 24%, estos valores bajos son debido a los sistemas en serie que se encuentran los sistemas del 8 al 11.
- Los parámetros eléctricos no tienen una incidencia en Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

“En la investigación de **Petit Jiménez, Juan Ernesto**, titulada “**Mantenimiento centrado en confiabilidad para sistemas de bombeo electro sumergible en empresas petroleras de la región zuliana**”, tesis para optar el grado de Magíster Scientiarum en Gerencia de Mantenimiento por la Universidad de Zulia, Venezuela, Maracaibo 2014”.⁴

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo proponer un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) para los equipos críticos de los sistemas de bombeo electro sumergible en las empresas petroleras del estado Zulia. La investigación fue de tipo proyectiva ya que permitió solucionar una problemática, la necesidad de un plan de mantenimiento óptimo para estos sistemas.

⁴ **Petit Jimenez, Juan Eduardo. 2014.** *Mantenimiento centrado en confiabilidad para sistemas de bombeo electro sumergible en empresas petroleras de la región zuliana.* Venezuela : s.n., 2014.

El diseño fue no experimental y transeccional ya que se analizaron características como los contextos de operación y el mantenimiento ejercido sobre estos equipos directamente de la realidad, sin manipulación, durante el año 2013. La información fue obtenida de fuentes documentales y campo: manuales de fabricante, estándares de mantenimiento centrado en confiabilidad, software de computadora y entrevistas con el personal custodio, operador y mantenedor, que fueron estructuradas bajo los lineamientos contemplados dentro del proceso metodológico del MCC. La muestra fue intencional, extraída de empresas que cubrieron ciertos criterios fijados por el autor para darle un enfoque de análisis en profundidad a la investigación.

Como resultado se elaboró, con la ayuda de un software para MCC, un reporte final de mantenimiento con las actividades más óptimas, las cuáles fueron definidas a partir de un árbol lógico de decisión y simulaciones, utilizando como insumo la experiencia del personal y costos asociados de las estrategias alternativas. Con esta metodología se lograron determinar las necesidades reales de mantenimiento que requerían los equipos más críticos y con base en el análisis de grupo se direccionaron los recursos de mantenimiento donde realmente debían ser aplicados. Con el software se administró el proceso MCC como un proyecto, con inicio y fin plenamente definidos, permitiendo su control a lo largo de la ejecución. También se concluyó que el MCC no debe ser gobernado por el computador, sino que puede utilizarse como herramienta clave durante la organización y desarrollo del proceso.

Conclusión

Tomando en cuenta los objetivos propuestos y los resultados obtenidos en la presente investigación se ha llegado a las siguientes conclusiones:

Con respecto a las características de los sistemas de bombeo electro sumergible:

- Se evidenció que los sistemas BES comprenden equipos de fondo y equipos de superficie y sobre estos últimos se enfocan las labores de mantenimiento.

- Los equipos de superficie objetivos de mantenimiento son principalmente aquellos relacionados con la alimentación eléctrica. Los equipos de fondo son intervenidos únicamente cuando fallan (reemplazo debido a los altos costos de intervención) y dicha operación se realiza mediante la contratación de taladros de mantenimiento (Workover).
- Se pudo constatar que los equipos de superficie comprenden elementos mecánicos, eléctricos y de instrumentación susceptibles a fallar.

Con respecto a la selección de equipos críticos:

- La técnica de análisis de descubrimiento de riesgo utilizando software permitió determinar de forma cuantitativa y cualitativa la importancia que tienen los equipos dentro de un sistema de bombeo electro sumergible ya que fueron evaluados contra los cuatro tópicos fundamentales considerados dentro del mantenimiento centrado en confiabilidad (seguridad, ambiente, economía y operaciones) y su resultado en ocasiones arrojó equipos con impactos en áreas no sensibles para la producción y operación de la empresa pero si en áreas con afectación a la vida humana y estándares ambientales que igualmente fueron importantes y no debían ser descartados.

Con respecto a la determinación de las funciones deseadas, contexto operacional y fallas funcionales de cada equipo:

- El proceso MCC permitió la conformación de un equipo multidisciplinario el cual fue capaz de determinar con precisión cuáles eran las necesidades reales que tenía la empresa y lo que deseaba que realizaran sus sistemas BES. Mediante el análisis de grupo se determinaron las funciones primarias y secundarias que durante la adquisición del activo pudieron o no estar contempladas y constatar a su vez si eran afectadas por el entorno operacional y niveles de stress ejercidos sobre el activo una vez que fue puesto en operación. Fue entonces que a través del MCC se verificaron las condiciones reales de los activos y si se encontraban operando en condiciones óptimas.

Con respecto al análisis de modos y efectos de falla:

- Esta técnica fue una herramienta fundamental para el análisis grupal del comportamiento de fallas que se registraron de los equipos de superficie involucrados con la tecnología de bombeo electro sumergible. Durante su desarrollo surgieron hipótesis de fallas con probabilidad razonable y otras casi improbables. Fue necesario que el grupo evaluara con base en el conocimiento sobre estos equipos cual era el nivel de profundidad correcto en el que se determinaría la causa raíz de cada falla y determinar qué consecuencias sobrevenían en todos los aspectos (seguridad, ambiente, económico y operacional).

Con respecto a la clasificación de las consecuencias de las fallas:

- Dentro de la metodología del MCC se contempla la clasificación de las consecuencias de las fallas. Esto permitió determinar en qué categoría de fallas ocultas o evidentes a la seguridad, ambiente y operaciones pertenecían cada una de las consecuencias determinadas. Como parte del método, la clasificación permitió a su vez la posterior verificación y/o descarte de estrategias de mantenimiento siguiendo un orden específico, siendo dicho orden dictaminado por los estándares SAE relacionados al MCC.

Con respecto al diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad tenemos lo siguiente:

- El uso del computador fue requerido al momento del levantamiento de la información del proceso MCC, pero el uso de software exclusivamente dedicado al desarrollo del proceso facilitó en gran medida el trato como proyecto del mismo. Adicionalmente, con conocimiento del patrón de fallas al que obedecían ciertos modos de falla, pudieron utilizarse tales patrones como dato para realizar simulaciones de diversas estrategias de mantenimiento para gestionar la falla y compararlas económicamente, lo que permitió evidenciar la disminución del costo por reparación de las fallas al escoger la más adecuada.
- Del uso de simulaciones utilizando rata de fallas se desprendió que si se decide aplicar una estrategia de mantenimiento preventivo en un equipo

que exhibe una rata de falla constante o aleatoria (lo contrario por ejemplo a una rata de falla creciente debido a desgaste en el caso de un rodamiento) es posible que se estén gastando recursos en acciones adicionales de mantenimiento que no aportan incremento en la confiabilidad y por el contrario ingresan al equipo fallas por mortalidad infantil o por errores de instalación del artesano o mantenedor

“En la investigación de **Fuentes Herrera, Marco Antonio**, titulada “**Plan de mantenimiento para sistemas reemplazables basado en un análisis de confiabilidad considerando modos de falla dependientes**”, tesis para optar el grado de Magíster en Ciencia y Tecnología en Ingeniería Industrial y de Manufactura por la Corporación mexicana de Investigación en materiales-División de estudios de posgrado. Saltillo, Coahuila. Octubre 2015”.⁵

Resumen

Actualmente, las industrias buscan que sus equipos continúen realizando las funciones para las cuales fueron adquiridos, con el fin de cumplir las exigencias del cliente, aumentar su disponibilidad y reducir sus costos. Bajo este contexto, resulta necesario contar con herramientas como el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM).

La metodología RCM determina las actividades de mantenimiento que deben realizarse a los equipos para garantizar que estos continúen realizando sus funciones bajo un contexto de operación normal. Sin embargo, no solo es una estrategia de mantenimiento, sino un proceso de toma de decisiones basado en el análisis de confiabilidad. Es necesario conocer los tiempos de vida, con el fin de encontrar modelos que sean capaces de representar y pronosticar de forma adecuada estos tiempos para determinar la confiabilidad, e incluir estas estimaciones en la programación de las actividades de mantenimiento. Para

⁵ **Fuentes Herrera, Marco Antonio. 2015.** . *Plan de mantenimiento para sistemas reemplazables basado en un análisis de confiabilidad considerando modos de falla dependientes*. Saltillo, Coahuila : s.n., 2015.

determinar la confiabilidad de los equipos o componentes, la metodología RCM propone solamente el modelo paramétrico Weibull, sin embargo, no todos los tiempos de falla se ajustan al modelo Weibull, por lo tanto, es necesario proponer otros modelos para determinar el que mejor represente el comportamiento de los tiempos de falla. El supuesto común de los modelos de confiabilidad es que las fallas son independientes, sin embargo, el supuesto de independencia entre las fallas no siempre se cumple. Por lo tanto, la estimación de la confiabilidad se vuelve compleja y resulta necesario utilizar modelos que consideren la dependencia entre las fallas. En este trabajo se incluye una selección de modelos multivariados, entre los cuales destaca el modelo de cópula de Gumbel-Hougaard, éste es capaz de considerar de forma apropiada y sencilla la dependencia entre las fallas para obtener resultados adecuados en la estimación de la confiabilidad e incluir estas estimaciones en la programación de las actividades del plan de mantenimiento, con el objetivo de generar ahorros en el costo anual de mantenimiento.

Conclusión

La metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) es una estrategia de mantenimiento actual donde la estimación de la probabilidad de falla es parte vital del RCM, por lo tanto, estimar esta probabilidad de forma adecuada tendrá como consecuencia planes de mantenimiento confiables para los equipos.

Los resultados de esta investigación muestran que existe una diferencia considerable si el comportamiento de los equipos es modelado a través modelos que suponen independencia entre los modos de falla, esto tiene como consecuencia un sobre mantenimiento en los equipos.

Entonces para estimar la confiabilidad en la metodología RCM es necesario incorporar modelos que consideren la dependencia. No llevar a cabo lo anterior, tendrá efectos negativos en la modelación del comportamiento de las fallas en los equipos y por consecuencia, los planes de mantenimiento serán poco confiables; motivo por el cual se desarrolló la presente investigación. Respuesta a las preguntas de investigación.

Con el fin de obtener planes de mantenimiento confiables para los equipos, se desarrolló una metodología considerando modelos multivariados de probabilidad y copulas de Gumbel, resultando este último ser adecuado para este caso. El modelo de copulas se construye mediante las distribuciones marginales Weibull, con el fin de estimar la confiabilidad cuando existe dependencia entre los modos de falla. Este modelo proporcionará un soporte estadístico a la probabilidad de falla. Esto prueba que se cumple con el objetivo.

Con un soporte estadístico confiable en la estimación de la probabilidad de falla, es posible determinar la frecuencia de las actividades del plan de mantenimiento para los equipos, lo cual trae como beneficio ahorros significativos para la empresa

reduciendo los costos de mantenimiento más del 30 %. Probando con esto la hipótesis planteada en este trabajo.

Algunas de las ventajas que tiene utilizar el modelo de copulas sobre los que suponen independencia son:

- Construye una relación entre las distribuciones marginales de los componentes que tienen correlación y la función de distribución conjunta multivariada.
- Es posible caracterizar la estructura de la dependencia independientemente de las distribuciones marginales.
- En los trabajos revisados los autores afirman que es la forma más apropiada, sencilla de aplicar y se obtienen mejores resultados en cuanto a la descripción de la dependencia.
- El problema del modelo de copulas es que no permite modelar la dependencia a través del tiempo (Plascencia 2009), (Escarela 2009), (Lopera 2009), (Huang 2011).

En cuanto al trabajo futuro, se desea extender la metodología propuesta para sistemas reparables, debido a que reemplazar algunos componentes del equipo no es del todo rentable, por lo tanto, estos componentes solo deben ser reparados. Además, también poder incluir más familias de copulas, con el objetivo de hacer una metodología RCM más completa.

“En la investigación de **Ortiz Álvarez, Víctor**, titulada “**Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) al sistema de izaje mineral, de la compañía minera Milpo, unidad El Porvenir**”, tesis para optar el grado de Maestro en Gerencia e Ingeniería de Mantenimiento por la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú, 2015”⁶

Resumen

Tradicionalmente en las plantas de equipos estacionarios existen planes de mantenimiento basados en recomendaciones del fabricante, determinados en periodos fijos, basados en políticas internas de la planta o simplemente aplicando un mantenimiento correctivo, es decir, reparar hasta que falla. Sin embargo, el objetivo de toda jefatura del mantenimiento contemporánea es siempre el de mantener sus equipos o activos en la máxima disponibilidad y confiabilidad, a fin de poder garantizar una continua producción.

En la investigación se abordó el siguiente problema ¿Qué técnica y/o metodología se debe aplicar para mejorar el plan de mantenimiento del Sistema de Izaje Mineral de Cía. Milpo, unidad “El Porvenir”. Participaron 18 técnicos pertenecientes al área de Mantenimiento de Izaje de Cía. Milpo, unidad “El Porvenir”, la Empresa Especializado Tiley de Canadá y la Empresa Especializa Peruvians Hydraulic SAC de Perú, se efectuó el desarrollo del plan a partir del 10 de enero del 2011 hasta el 31 diciembre del año 2011 en la Cía. Milpo Unidad: El Porvenir”. Allí se realizaron 6 reuniones presenciales y visitas a campo para finalmente llegar a culminar el plan de mantenimiento basado en la confianza. Se trató de una investigación cuantitativa, cuyas etapas fueron de recolección de datos, evaluación y elaboración del plan aplicando la metodología del RCM. Se ha empleado un análisis de riesgo, aplicando la metodología de análisis de modos de falla, efectos y criticidad (FMECA o AMFEC) con el objetivo de identificar los modos de falla que representan un mayor riesgo, para

⁶ **Ortiz Alvarez, Victor. 2015.** *Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) al sistema de izaje mineral, de la compañía minera Milpo, unidad El Porvenir.* Perú : s.n., 2015..

posteriormente seleccionar la mejor tarea de mantenimiento, ya sea preventiva, predictiva, correctiva o en su caso rediseño de sistemas.

Conclusión

- La confiabilidad del Sistema de Izaje logró alcanzar el objetivo de incrementar el MTBF entre 100-120 horas sin fallas en el Sistema de Izaje y encontrando una frecuencia adecuada para realizar el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivos programados de los equipos.
- Luego de haber realizado el análisis de criticidad en los activos que conforman el sistema de izaje mineral, se identificó 8 activos críticos del tipo A y 4 activos de criticidad media del tipo B. Ya con los activos del tipo A identificados, se aplicó el estudio del LCC y solo 3 activos se encontraban altamente críticos y en función a estos se desarrolló el RCM. Es necesario mencionar que el costo de realizar RCM en activos es altamente costoso a comparación de un mantenimiento convencional, por ello se cumple el objetivo de encontrar solo los activos altamente críticos.
- El plan de mantenimiento desarrollado en base al RCM, ha mejorado el intervalo de mantenimiento programado, considerando que antes se intervenía 3 veces por semana y hoy solo se interviene 2 veces por semana. El detalle de esta reducción se sostiene en realizar actividades efectivas y necesarias para cada tipo (A, B y C) de activos que conforma el sistema de izaje mineral.
- Luego de un año (2012) de aplicación del RCM se verificó que los costos de mantenimiento se redujeron de \$33000 a \$22000 por mes (ver figura 4:1), con lo cual se alcanzó el objetivo específico de la investigación.
- Luego de aplicar el RCM se viene obteniendo a la fecha 8648.33 toneladas de mineral adicional por mes en comparación de años anteriores a la implementación de la técnica. Esto se debe al incremento del MTBF, el cual es directamente proporcional a la producción (ver figura 4:6). Es necesario mencionar que el \$/ton en Cía. Minera Milpo Unidad “El Porvenir” se encuentra en 4.90 \$/ton, de donde se viene ahorrando \$42 379 mensuales y un acumulado anual de \$ 508,551 en sobre

producción. Esto se logró por efecto de la aplicación del RCM al Sistema de Izaje Mineral, el cual no es un objetivo de la investigación, pero es un logro indirecto por efecto de la investigación realizada.

- Es fundamental compartir ideas de mejora continua con el personal técnico y operador, debido que la implementación, sostenibilidad y mantenimiento de lo planteado y ejecutado, fue manejable pues se les veía motivados, escuchados, se sentían parte de la solución por la experiencia que tienen y esto incrementaba el compromiso de los acuerdo y avances que se sostenía con ellos.
- Las reuniones con las empresas especializas en forma directo, vía telefónica y video conferencias, marco un avance significativo, por ser los representantes de la marca de los equipos y recomendaban los mantenimientos correctivos y experiencias que habían tenido con sus máquinas en otras partes del país y del mundo. Esto aunado con las reuniones operativa ayudaron a mejorar nuestro plan de mantenimiento basado en la confianza.

“En la investigación de **CASTRO IRRARAZABAL, Mario Gabriel**, titulada **“Método basado en RCM, para la gestión de mantenimiento en tractores agrícolas: Caso Municipalidad Distrital de Colquepata”**, tesis para optar el grado de Magister en Ingeniería de Mantenimiento, por la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2017”.⁷

Resumen:

El método basado en RCM, para la gestión de mantenimiento en tractores agrícolas, involucrando la aplicación y adecuación de técnicas modernas que son utilizadas en forma exitosa en otras áreas. El método planteado propone realizar un análisis de las operaciones actuales de mantenimiento, para analizar los factores más críticos en relación a sus modos y efectos de fallas, para luego,

⁷ .**Castro Irrarazabal, Mario. 2017. Método basado en RCM, para la gestión de mantenimiento en tractores agrícolas: Caso Municipalidad Distrital de Colquepata.** Arequipa : s.n., 2017.

plantear acciones de mejoramiento, que logren reducir los tiempos de operación y cuantificar la confiabilidad del sistema. El método propuesto servirá de guía para orientar a las municipalidades y empresas que operen tractores agrícolas, en la aplicación integral de las diversas técnicas de optimización y de confiabilidad, para poder predecir el comportamiento de los eventos de fallas y determinar las estrategias más efectivas en el mantenimiento de tractores agrícolas, de modo que los usuarios vean con satisfacción que con el tiempo se ha ido deteriorando”

Conclusión:

- “El ingreso del RCM en la industria en general hace que dicho método se puede aplicar a cualquier equipo o conjunto de ellos. La rigurosa metodología de aplicación del RCM, para la industria, también se puede utilizar para mejorar la confiabilidad en la maquinaria agrícola en especial para los tractores agrícolas. Lo fundamental es preparar una persona experta o facilitador en RCM y alimentarlo con el personal técnico, que es el que tiene los conocimientos de los activos, en cuanto a funcionamiento, operación, fallas, mantenciones, etc.
- Durante el análisis de criticidad de los 16 subsistemas se obtuvo lo siguiente:
 - 02 subsistemas de alta criticidad (12.5%).
 - 04 subsistemas de mediana criticidad (25%).
 - 10 subsistemas de baja criticidad (62.5%).
- De acuerdo al AMEF y la clasificación obtenida a través del NPR (Número de Prioridad de Riesgo), de los 21 modos de falla analizados, se obtuvo lo siguiente:
 - 02 fallas inaceptables (9.52%).
 - 07 fallas de reducción deseable (33.33%).
 - 12 fallas aceptables (57.15%)
- La jerarquización es otro aspecto importante al momento de diseñar un plan de mantenimiento, cuando jerarquizamos algo es como si aumentáramos con un microscopio su estructura con el fin de verlo y

estudiarlo con más claridad. Al fragmentar los sistemas o equipos se pretende ver las partes que lo integran, su constitución, como funciona realmente y que puede hacer que deje de funcionar. El despiece general permite obtener una vista preliminar de todo el sistema o equipo garantizando una mejor visión del mismo y una mejor comprensión de su funcionamiento. De allí la importancia de jerarquizar a la hora de realizar o gerenciar cualquier tipo de mantenimiento.

- Es muy relevante tomar en consideración la tecnología RCM, esta además de facilitar mantenimiento pretende garantizar confiabilidad en los equipos, toma en cuenta parámetros como la frecuencia de fallas, los daños que puede producir y la detección, dispone de un anticipo de lo que significaría la falla para nuestro sistema o tractor agrícola, pues estos parámetros nos indican que tan severa ha sido la falla, cuanto se debe invertir para corregir el desperfecto y en que no se debe invertir.
- El éxito del método propuesto requiere de una constante inspección, que evalúe el cumplimiento del objetivo. Al realizar este análisis se generó una base de datos con información actual y detallada de todas las fallas que han sucedido y que posiblemente sucedan al equipo. Cabe destacar que la idea de un análisis RCM es su retroalimentación; o sea no basta con quedarse con el análisis en sí, a medida que vayan sucediendo fallas no consideradas, éstas deben ser incluidas en el análisis junto con su tarea proactiva asociada”

“En la investigación de **Vera Alatrística, Christian Alejandro**, titulada **“Diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM para el transformador de distribución de 250 kva y sistema de distribución de baja tensión 380/220 v de la subestación de TECSUP - AREQUIPA”**, tesis para optar el grado de Maestro en Ingeniería de Mantenimiento, por la Universidad

Católica de Santa María, 2018”.⁸

Resumen:

En esta tesis se presenta la propuesta de un plan de mantenimiento para la subestación eléctrica de Tecsup aplicando la metodología de confiabilidad conocida como MCC “Mantenimiento Centrado en Confiabilidad”, utilizada en el sector industrial y de reconocido éxito en diversas empresas.

Para desarrollar el plan se realizó un análisis de la situación actual de la subestación, documentación de operación, mantenimiento y funciones del personal encontrándose en casi todos los casos que no se contaba con documentos de registro escritos, manual de funciones, y otros procedimientos.

Con este estudio propuesto se busca mejorar las condiciones de trabajo en operación y monitoreo, incrementar la seguridad y estandarizar los procedimientos de mantenimiento y maniobras de operación para evitar posibles daños a los activos y principalmente daño a los operadores y mantenedores.

Durante la investigación se revisó ampliamente el fundamento de la metodología, logrando formar el grupo de trabajo con personal que trabaja en la institución y que se encuentra directamente relacionado con los trabajos que se realizan en la subestación, tomando información confiable para su análisis.

Finalmente se logró obtener un plan de mantenimiento y operación basado en confiabilidad, sustentado y justificado y que actualmente ha iniciado su formalización y difusión entre los intervinientes para mejorar sus competencias y habilidades, definir procedimientos y establecer estándares de operación y maniobra para evitar accidentes.

⁸ **Vera Alatrística, Christian Alejandro. 2018. *Diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM para el transformador de distribución de 250 kva y sistema de distribución de baja tensión 380/220 v de la subestación de TECSUP - AREQUIPA.*** Arequipa : s.n., 2018.

Conclusiones

- Se logró elaborar un Plan de Mantenimiento para la subestación de Tecsup, basada y sustentada en la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM principalmente para el transformador de 250 KVA y el sistema de distribución de baja tensión 380/220 V.
- Aplicando lo obtenido con este análisis se logró documentar la metodología RCM para el transformador y sistema de baja tensión de la subestación elaborando el plan de mantenimiento para su aplicación.
- Se logró realizar el análisis de modos y efectos de fallo (FMEA) del transformador y tablero eléctrico de baja tensión y con ello se consiguió identificar las posibles fallas y sus consecuencias lo que permitió determinar la criticidad de cada una estableciendo un plan de acción para la subestación.
- Se logró obtener las tareas de mantenimiento adecuadas de Mantenimiento preventivo estableciendo también las frecuencias para cada una de ellas para poder evitar posibles fallas con la finalidad de garantizar la completa funcionalidad del equipo y seguridad de los operadores.
- Se logró obtener los procedimientos de mantenimiento y operación de los equipos de la subestación necesaria para la capacitación y entrenamiento del personal de mantenimiento.

2.2. BASES TEORICAS

DEFINICIÓN DEL RCM

Es un “proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual”⁹

En ese sentido el objetivo principal el RCM es garantizar la disponibilidad de cualquier activo de la planta, para ello se vale de una metodología en el cual se

⁹ **Moubray, John. 2004.** *Reliability Centred Maintenance (RCM)*. North Carolina : Aladon LLC, 2004.

tiene que tener el compromiso del personal involucrado para poder implementarlo, eso trae como beneficio la reducción del costo de mantenimiento, y la optimización de los recursos que intervienen en las actividades diarias de mantenimiento, ya que normalmente se evidencia que en las actividades diarias se realizan tareas de mantenimiento que no son necesarias en ese momento, aumentando de manera innecesaria las actividades de mantenimiento preventivo y de ser el caso predictivo.

Desde la década del '30 se puede seguir el rastro de la evolución del mantenimiento a través de generaciones, El RCM está tornándose rápidamente en la piedra fundamental de la tercera generación, pero esta generación solo se puede ver en perspectiva, y a la luz de la primera y segunda generación.

La Primera Generación

“La primera generación cubre el periodo que se extiende hasta la Segunda Guerra Mundial. En esos días la industria no estaba altamente mecanizada, por lo que el tiempo de parada de máquinas no era de mayor importancia. Esto significaba que la prevención de las fallas en los equipos no era una prioridad para la mayoría de los gerentes. A su vez la mayor parte de los equipos era simple y la gran mayoría estaba sobredimensionados. Esto los hacía confiables y fáciles de reparar. Como resultado no había necesidad de un mantenimiento sistemático más allá de una simple rutina de limpieza, servicio de lubricación. Se necesitaban menos habilidades para realizar el mantenimiento que hoy en día.”
(Moubray, J. 1997)

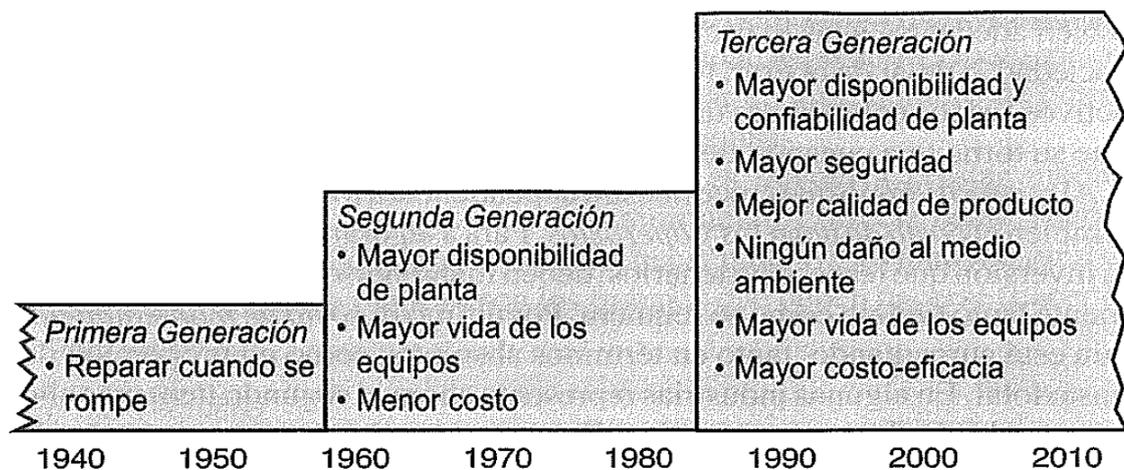
La Segunda Generación

Durante la Segunda Guerra Mundial todo cambió drásticamente. La presión de los tiempos de guerra aumentó la demanda de todo tipo de bienes, al mismo tiempo que decaía abruptamente el número de trabajadores industriales. Esto llevo a un aumento en la mecanización. Ya en los años 50 había aumentado la cantidad y complejidad de todo tipo de máquinas. La industria estaba empezando a depender de ellas.

Al aumentar esta dependencia, comenzó a concentrarse la atención en el tiempo de para de máquina. Esto llevo a la idea de que las fallas en los equipos podían y debían ser prevenidas. Dando lugar al concepto de *mantenimiento preventivo*. En la década del sesenta esto consistió principalmente en reparaciones mayores a intervalos regulares prefijados.

El costo de mantenimiento comenzó a crecer rápidamente con relación a otros costos operacionales. Esto llevó al desarrollo de *sistemas de planeamiento y control de mantenimiento*. Esto ciertamente ayudaron a tener el mantenimiento bajo control y han sido establecidos como parte de la práctica del mantenimiento. Por último, la suma de capital ligado a activos fijos junto con un elevado incremento en el costo de ese capital, llevo a la gente a buscar la manera de maximizar la vida útil de estos activos/bienes.

Figura 2.1 Expectativas de Mantenimiento



Fuente: Moubray, J. (1997). Manual de mantenimiento basado en la confiabilidad RCM 2.

La Tercera Generación

Desde mediados de la década de los setenta el proceso de cambio en la industria ha adquirido aún más impulso. Los cambios han sido clasificados en: nuevas expectativas, nuevas investigaciones y nuevas técnicas.

- **Nuevas Expectativas**

La figura 2 se muestra la evolución de las expectativas de mantenimiento.

El tiempo de parada de maquina afecta la capacidad de producción de los activos físicos al reducir la producción, aumentar los costos operaciones, y afectar el servicio al cliente. En las décadas de los sesentas y setentas esto ya era una preocupación en los sectores mineros, manufactureros y de transporte. Los efectos del tiempo de para de máquinas fueron agravados por la tendencia mundial hacia sistemas “just it time”, donde los reducidos inventarios de material en proceso hacen que una pequeña falla en un equipo probablemente hiciera parar toda la planta. Actualmente el crecimiento en la mecanización y la automatización han tornado a la confiabilidad y a la disponibilidad en factores clave en sectores tan diversos como el cuidado de la salud, el procesamiento de datos, las telecomunicaciones y la administración de edificios.

Una mayor automatización también significa que más y más fallas afectan nuestra capacidad de mantener parámetros de calidad satisfactorios. Esto se aplica tanto para parámetros de servicio como para la calidad del producto. Por ejemplo, las fallas en los equipos pueden afectar el control del clima en los edificios o la puntualidad de las redes de transporte, así como interferir con el logro de las tolerancias deseadas en la producción. Mas y más fallas acarrear serias consecuencias para el medio ambiente o la seguridad, al tiempo que se elevan los requisitos en estas áreas. En algunas partes del mundo se ha llegado a un punto en que las organizaciones deben, o bien adecuarse a las expectativas de seguridad y cuidado ambiental de la sociedad dejar o de operar. Nuestra dependencia a la integridad de nuestros activos físicos cobra ahora una nueva magnitud que va más allá del costo y que se torna una cuestión de supervivencia de la organización.

Al mismo tiempo que crece nuestra dependencia a los activos físicos, crece también el costo de tenerlos y operarlos. Para asegurar el máximo retorno de la inversión que representa *tenerlos y operarlos*. Para asegurar el máximo retorno de la inversión que representa tenerlos, deben mantenerse trabajando eficientemente tanto tiempo como se requiera. Por último, el costo de mantenimiento aún está aumentando, tanto en

términos absolutos como en proporción del gasto total. En algunas industrias representa ahora el segundo ítem más alto o hasta el más alto costo operativo. En consecuencia, en solo treinta años ha pasado de ser un costo casi sin importancia a estar en la más alta prioridad en el control de costos.

Nuevas investigaciones

Mas halla de la existencia de mayores expectativas, las nuevas investigaciones están cambiando muchas de nuestras creencias más profundas referidas a la edad y fallas. En particular parece haber cada vez menos conexión entre la edad de la mayoría de los activos y la probabilidad de que estos fallen.

Nuevas Técnicas

Ha habido un crecimiento explosivo de nuevos conceptos y técnicas de mantenimiento. Cientos de ellos han sido desarrollados en los últimos veinte años y emergen más aun cada semana.

Uno de los mayores desafíos que enfrenta el personal de mantenimiento no es solo aprender qué son estas técnicas sino decidir cuales valen la pena y cuales no para sus propias organizaciones. Si hacemos elecciones adecuadas es posible mejorar el rendimiento de los activos y al mismo tiempo contener y hasta reducir el costo de mantenimiento. Si hacemos elecciones inadecuadas se crean nuevos problemas mientras que empeoramos los que ya existen.

Los desafíos que enfrenta el mantenimiento

La primera industria que enfrentó los desafíos del mantenimiento fue la industria de la aviación comercial. El elemento crucial que provocó esta reacción fue el darse que se debe dedicar tanto esfuerzo en asegurarse que se estén realizando las tareas correctamente como asegurarse que se estén haciendo las tareas correctas.

El darse cuenta de esto dio lugar al desarrollo de proceso de tomas de decisión comprensivos que se conocieron dentro de la industria aeronáutica con el nombre de MSNG3 y fuera de esta como Mantenimiento Centrado en Confiabilidad o RCM.

Mantenimiento y RCM

Desde el punto de vista de la ingeniería hay dos elementos que hacen al manejo de cualquier activo físico. Debe ser mantenido y de tanto en tanto quizás también necesite ser modificado.

Mantenimiento: “Asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que los usuarios quieren que haga”

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad: Un proceso responsable utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual.

RCM: Las Siete Preguntas Básicas

¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?

¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?

¿Cuál es la causa de cada falla funcional?

¿Qué sucede cuando ocurre una falla?

¿En qué sentido es importante cada falla?

¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?

¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

FUNCIONES Y PARAMETROS 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 sus usuarios quieren que hagan
- Asegurar que es capaz de realizar aquello que sus usuarios quieren que haga.

Por eso 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 deseados. Lo que los usuarios esperan que los activos sean capaces de hacer puede ser dividido en dos categorías:

- **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 del producto y servicio al cliente.
- **Funciones Secundarias**, la cual reconoce que se espera de cada activo que haga más que simplemente cubrir sus funciones primarias. Los usuarios también tienen expectativas relacionadas con las áreas de seguridad, control, contención, confort, integridad estructural, economía, protección, eficiencia operacional, cumplimiento de regulaciones ambientales y hasta la apariencia del activo.

Los usuarios de los activos generalmente están en la mejor posición por lejos para saber exactamente que contribuciones físicas y financieras hace el activo para el bienestar de la organización como un todo. Por ello es esencial que estén involucrados en el proceso del RCM desde el comienzo.

Si es hecho correctamente, este paso toma alrededor de un tercio del tiempo que implica el análisis RCM completo. Además, hace que el grupo que realiza el análisis logre un aprendizaje considerable- muchas veces una cantidad alarmante- acerca de la forma en que realmente funciona el equipo.

FALLAS FUNCIONALES

Los objetivos del mantenimiento son definidos por las funciones y expectativas de funcionamiento asociadas al activo en cuestión, pero ¿Cómo puede alcanzar el mantenimiento estos objetivos?

El único hecho que pueda hacer que un activo no pueda desempeñarse conforme a los parámetros requeridos por sus usuarios es alguna clase de falla. Esto sugiere que el mantenimiento cumple sus objetivos al adoptar una política apropiada para el manejo de una falla. Sin embargo, antes de poder aplicar una combinación adecuada de herramientas para el manejo de una falla, necesitamos identificar qué fallas pueden ocurrir.

El proceso de RCM lo hace en dos niveles:

- En primer lugar, identifica las circunstancias que llevaron a la falla.
- Luego se pregunta qué eventos pueden causar que el activo falle.

En el mundo del RCM, los estados de falla son conocidos como fallas funcionales porque ocurren cuando el activo no puede cumplir una función de acuerdo al parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable.

Sumado a la incapacidad total de funcionar, esta definición abarca fallas parciales en las que el activo todavía funciona, pero con un nivel de desempeño inaceptable (incluyendo las situaciones en las que el activo no puede mantener los niveles de calidad o precisión). Evidentemente estas solo pueden ser identificadas luego de haber definido las funciones y parámetros de funcionamiento del activo.

MODOS DE FALLA

Como se mencionó en el párrafo anterior, una vez que se ha identificado cada falla funcional, el próximo paso es tratar de identificar todos los hechos que de manera razonablemente posible puedan haber causado cada estado de falla. Estos hechos se denominan modos de falla. Los modos de falla “razonablemente posibles” incluyen aquellos que han ocurrido en equipos iguales o similares operando en el mismo contexto, fallas que actualmente están siendo prevenidas por regímenes de mantenimiento existentes, así como fallas que aún no han ocurrido, pero son consideradas altamente posibles en el contexto en cuestión. La mayoría de las listas tradicionales de modos de falla incorporan fallas causadas por el deterioro o desgaste por uso normal. Sin embargo, para que todas las causas probables de fallas en los equipos puedan ser identificadas y resueltas adecuadamente, esta lista debería incluir fallas causadas por errores humanos (por parte de los operadores y el personal de mantenimiento), y errores de diseño. También es importante identificar la causa de cada falla con suficiente detalle para asegurarse de no desperdiciar tiempo y esfuerzo intentando tratar síntomas en lugar de causas reales. Por otro lado, es igualmente importante asegurarse de no malgastar el tiempo en el análisis mismo al concentrarse demasiado en los detalles.

EFFECTOS DE FALLA

El cuarto paso en el proceso de RCM tiene que ver con hacer un listado de los efectos de falla, que describen lo que ocurre con cada modo de falla. Esta descripción debería incluir toda la información necesaria para apoyar la evaluación de las consecuencias de la falla, tal como:

- Qué evidencia existe (si la hay) de que la falla ha ocurrido
- De qué modo representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente (si la representa)
- De qué manera afecta a la producción o a las operaciones (si las afecta).
- Qué daños físicos (si los hay) han sido causados por la falla.
- Qué debe hacerse para reparar la falla

El proceso de identificar funciones, fallas funcionales, modos de falla, y efectos de falla trae asombrosas y muchas veces apasionantes oportunidades de mejorar el rendimiento y la seguridad, así como también de eliminar el desperdicio.

CONSECUENCIAS DE LA FALLA

Un análisis detallado de la empresa industrial promedio probablemente muestre entre tres mil y diez mil posibles modos de falla. Cada una de estas fallas afecta a la organización de algún modo, pero en cada caso, los efectos son diferentes. Pueden afectar operaciones. También pueden afectar a la calidad del producto, el servicio al cliente, la seguridad o el medio ambiente. Todas para ser reparadas tomarán tiempo y costarán dinero.

Son estas consecuencias las que más influyen el intento de prevenir cada falla. En otras palabras, si una falla tiene serias consecuencias, haremos un gran esfuerzo para intentar evitarla. Por otro lado, si no tiene consecuencias o tiene consecuencias leves, quizás decidamos no hacer más mantenimiento de rutina que una simple limpieza y lubricación básica.

Un punto fuerte del RCM es que reconoce que las consecuencias de las fallas son más importantes que sus características técnicas. De hecho, reconoce que la única razón para hacer cualquier tipo de mantenimiento proactivo no es evitar

las fallas *per se* sino evitar o reducir las consecuencias de las fallas. El proceso de RCM clasifica estas consecuencias en cuatro grupos, de la siguiente manera:

- **Consecuencias de fallas ocultas:** las fallas ocultas no tienen un impacto directo, pero exponen a la organización a fallas múltiples con consecuencias serias y hasta catastróficas. (La mayoría estén asociadas a sistemas de protección sin seguridad inherente).
- **Consecuencias ambientales y para la seguridad:** una falla tiene consecuencias para la seguridad si es posible que cause daño o la muerte a alguna persona. Tiene consecuencias ambientales si infringe alguna normativa o reglamento ambiental tanto corporativo como regional, nacional o internacional.
- **Consecuencias Operacionales:** Una falla tiene consecuencias Operacionales si afecta la producción (cantidad, calidad del producto, atención al cliente, o costos operacionales además del costo directo de la reparación).
- **Consecuencias No-Operacionales:** Las fallas que caen en esta categoría no afectan a la seguridad ni la producción, solo implican el costo directo de la reparación.

Como veremos luego el proceso de RCM hace uso de estas categorías como la base de su marco de trabajo estratégico para la toma de decisiones en el mantenimiento. Obligando a realizar una revisión de las consecuencias de cada modo de falla en relación con las categorías recién mencionadas, integra los objetivos operacionales, ambientales, y de seguridad a la función mantenimiento. Esto contribuye a colocar a la seguridad y al medio ambiente dentro de las prioridades principales de la administración del mantenimiento.

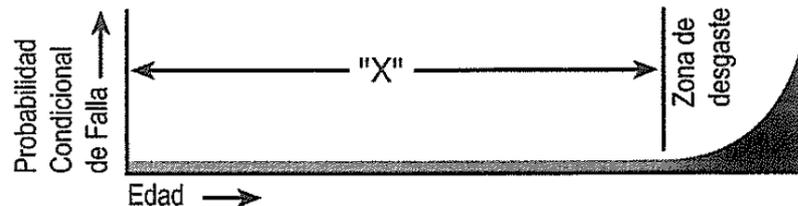
El proceso de evaluación de las consecuencias también cambia el énfasis de la idea de que toda falla es negativa y debe ser prevenida. De esta manera focaliza la atención sobre las actividades de mantenimiento que tienen el mayor efecto sobre el desempeño de la organización, y resta importancia a aquellas que tienen escaso resultado. También nos alienta a pensar de una manera más amplia acerca de diferentes maneras de manejar las fallas, más que concentrarnos en prevenir fallas. Las técnicas de manejo de fallas se dividen en dos categorías:

- *Tareas proactivas:* estas tareas se emprenden antes de que ocurra una falla, para prevenir que el Item llegue al estado de falla. Abarcan lo que se conoce tradicionalmente como mantenimiento “predictivo” o “preventivo”, aunque veremos luego que el RCM utiliza los términos reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica, y mantenimiento a condición.
- *Acciones a falta de:* estas tratan directamente con el estado de falla, y son elegidas cuando no es posible identificar una tarea proactiva efectiva. Las acciones a falta de incluyen búsqueda de falla, rediseño, y mantenimiento a rotura.

Tareas Proactivas

Mucha gente todavía cree que la mejor manera de optimizar la disponibilidad de la planta es hacer algún tipo de mantenimiento proactivo de rutina. El pensamiento de la Segunda Generación sugería grandes reparaciones, o reposición de componentes a intervalos fijos. La figura 3 muestra la perspectiva de la falla a intervalos regulares.

Figura 2.2 Visión tradicional de una falla



Fuente: Moubray, R. (1997). Manual de mantenimiento basado en la confiabilidad RCM 2.

La figura II.2 se basa en la presunción de que la mayoría de los equipos operan confiablemente por un periodo “X”, y luego se desgastan. El pensamiento clásico sugiere que los registros extensivos acerca de las fallas nos permiten determinar y planear acciones preventivas un tiempo antes de que ellas ocurran.

Este patrón es cierto para algunos tipos de equipos simples, y para algunos Items complejos con modos de falla dominantes. En particular las características de desgaste se encuentran a menudo en casos en los que el equipo tiene contacto

directo con el producto. Las fallas relacionadas con la edad frecuentemente van asociadas a la fatiga, corrosión, abrasión y evaporación.

Sin embargo, los equipos en general son mucho más complejos de lo que eran hace veinte años atrás. Esto ha traído aparejado sorprendentes cambios en los patrones de falla, como lo muestra la Figura 2.3. Los gráficos muestran la probabilidad condicional de la falla con relación a la edad operacional para una variedad de elementos mecánicos y eléctricos.

El patrón A es la ya conocida Curva de la “bañadera”. Comienza con una gran incidencia de fallas (llamada mortalidad infantil), seguida por un incremento constante o gradual de la probabilidad condicional de falla, y por último una zona de desgaste.

El patrón B muestra una probabilidad condicional de falla constante o de lento incremento, y que termina en una zona de desgaste (igual que la Figura 2.3).

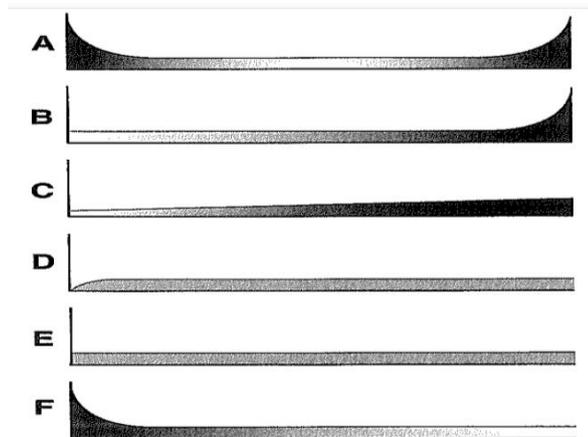
El patrón C muestra una probabilidad condicional de falla que crece lentamente, pero no tiene una edad de desgaste claramente identificable.

El patrón D muestra una baja probabilidad condicional de falla cuando el equipo es nuevo o recién salido de la fábrica y luego un veloz incremento a un nivel constante, mientras que el patrón E muestra una probabilidad condicional de falla constante a todas las edades por igual (falla al azar).

El patrón F comienza con una alta mortalidad infantil que finalmente cae a una probabilidad de falla constante o que asciende muy lentamente.

Estudios realizados en aeronaves comerciales demostraron que un 4% de los elementos correspondían al patrón A, un 2% al B, un 5% al C, un 7% al D, un 14% al E, y no menos de un 68% al patrón F (El número de veces que estos patrones ocurren en aeronaves no es necesariamente el mismo que en la industria, pero no cabe duda de que a medida que los elementos se hacen más complejos, encontramos cada vez más patrones E y F).

Fig.2.3. Seis patrones de fallas



Fuente: Moubray, R. (1997). Manual de mantenimiento basado en la confiabilidad RCM 2.

Estos descubrimientos contradicen la creencia de que siempre hay conexión entre la confiabilidad y la edad operacional. Esta creencia dio origen a la idea de que cuanto más seguido un ítem es reparado, menos posibilidades tiene de fallar. Actualmente esto es cierto en muy pocos casos. A menos que exista un modo de falla dominante relacionado con la edad, los límites de edad tienen que ver poco o nada con mejorar la confiabilidad de los componentes complejos. De hecho, las reparaciones pueden en realidad aumentar los promedios de fallas generales al introducir la mortalidad infantil en sistemas que de otra manera serían estables.

La toma de conciencia de estos hechos ha llevado a algunas organizaciones a abandonar por completo la idea de mantenimiento proactivo. Y esto puede que sea lo más acertado para fallas con consecuencias menores. Pero cuando las consecuencias de las fallas son importantes, algo debe hacerse para prevenir o predecir las fallas, o al menos para reducir las consecuencias.

Esto nos lleva nuevamente a la cuestión de las tareas proactivas. Como ya mencionamos anteriormente el RCM divide a las tareas proactivas en tres categorías:

- Tareas de reacondicionamiento cíclicas.
- Tareas de sustitución cíclicas.
- Tareas a condición

Tareas de reacondicionamiento y sustitución cíclica

El reacondicionamiento cíclico implica refabricar un componente o reparar un conjunto antes de un límite de edad específico sin importar su condición en ese momento. De manera parecida, las tareas de sustitución cíclica implican sustituir un componente antes de un límite de edad específico, más allá de su condición en ese momento.

En conjunto estos dos tipos de tareas son conocidos generalmente como mantenimiento preventivo. Solían ser los tipos de mantenimiento proactivo más ampliamente usados. Sin embargo, debido a las razones mencionadas anteriormente, se usan mucho menos que veinte años atrás.

Tareas a condición

El crecimiento de nuevos tipos de manejo de falla se debe a la continua necesidad de prevenir ciertos tipos de falla, y la creciente ineficacia de las técnicas clásicas para hacerlo. La mayoría de las nuevas técnicas se basan en el hecho de que la mayoría de las fallas dan algún tipo de advertencia de que estén por ocurrir. Estas advertencias se denominan fallas potenciales, y se definen como condiciones físicas identificables que indican que una falla funcional está por ocurrir o están en el proceso de ocurrir.

Las nuevas técnicas son utilizadas para detectar fallas potenciales y permitir actuar evitando las posibles consecuencias que surgirán si se transformaran en fallas funcionales. Se llaman tareas a condición porque los componentes se dejan en servicio a condición de que continúen alcanzando los parámetros de funcionamiento deseados. (El mantenimiento a condición incluye el mantenimiento predictivo, mantenimiento basado en la condición y monitoreo de condición)

Si son utilizadas correctamente, las tareas a condición son una muy buena manera de manejar las fallas, pero a la vez pueden ser una pérdida de tiempo costosa. RCM permite tomar decisiones en esta área con certeza particular.

Acciones a falta de

El RCM reconoce tres grandes categorías de acciones a falta de:

- *Búsqueda de fallas*: las tareas de búsqueda de falla implican revisar periódicamente funciones ocultas para determinar si han fallado (mientras que las tareas basadas en la condición implican revisar si algo esté por fallar).
- *Rediseño*: rediseñar implica hacer cambios de una sola vez a las capacidades iniciales de un sistema. Esto incluye modificaciones al equipo y también cubre los cambios de una sola vez a los procedimientos.
- *Ningún mantenimiento programado*: como su nombre lo indica, aquí no se hace esfuerzo alguno en tratar de anticipar o prevenir los modos de falla se deja que la falla simplemente ocurra, para luego repararla. Esta tarea *a falta de* también es llamada mantenimiento “a rotura”.

El Proceso de Selección de Tareas de RCM

Un punto fuerte del RCM es la manera en que provee criterios simples, precisos y fáciles de entender, para decidir cuál de las tareas proactivas es técnicamente factible en el contexto operacional dado (si existe alguna), y para decidir quién debería hacerlas y con qué frecuencia.

Si una tarea proactiva es técnicamente factible o no, está determinado por las características técnicas de la tarea y de la falla que pretende prevenir. Si vale la pena hacerlo o no depende de la manera en que maneja las consecuencias de la falla. De no hallarse una tarea proactiva que sea técnicamente factible y que valga la pena hacerse, entonces debe tomarse una acción a falta de adecuada.

La esencia del proceso de selección de tareas es el siguiente:

- *Para fallas ocultas*, la tarea proactiva vale la pena si reduce significativamente el riesgo de falla múltiple asociado con esa función a un nivel tolerablemente bajo. Si esto no es posible, debe realizarse *una tarea de búsqueda de falla*. De no hallarse una tarea de búsqueda de falla que sea adecuada, la decisión a falta de secundaria indicará que el componente pueda ser rediseñado (dependiendo de las consecuencias de la falla múltiple).

- *Para fallas con consecuencias ambientales o para la seguridad*, una tarea proactiva solo vale la pena si por sí sola reduce el riesgo de la falla a un nivel muy bajo, o directamente lo elimina. Si no puede encontrarse una tarea que reduzca el riesgo a niveles aceptablemente bajos, entonces el componente debe ser rediseñado o debe cambiarse el proceso.
- *Si la falla tiene consecuencias operacionales*, una tarea proactiva solo vale la pena si el costo total de realizarla a lo largo de un cierto periodo de tiempo es menor al costo de las consecuencias operacionales más el costo de la reparación en el mismo periodo de tiempo. En otras palabras, la tarea debe tener justificación en el terreno económico. Si no se justifica, la decisión a falta de inicial es ningún mantenimiento programado. (Si esto ocurre y las consecuencias operacionales siguen siendo inaceptables, entonces la decisión a falta de secundaria es nuevamente el rediseño).
- Si una falla tiene consecuencias no operacionales solo vale la pena una tarea proactiva si el costo de la tarea a lo largo de un periodo de tiempo es menor al costo de reparación en el mismo tiempo. Entonces estas tareas también deben tener justificación en el terreno económico. Si no se justifica, la decisión a falta de inicial es otra vez ningún mantenimiento programado, y si los costos son demasiado elevados entonces la siguiente decisión *a falta de* secundaria es nuevamente el rediseño.

Este enfoque significa que las tareas proactivas son solo definidas para las fallas que realmente lo necesitan, lo que a su vez lleva a reducciones sustanciales en cargas de trabajo de rutina. Un menor trabajo de rutina también significa que es más probable que las tareas restantes sean realizadas correctamente. Esto, sumado a la eliminación de tareas contraproducentes, lleva a un mantenimiento más efectivo.

Comparemos esto con el enfoque tradicional usado para el desarrollo de políticas de mantenimiento. Tradicionalmente, los requerimientos de mantenimiento de cada activo son definidos en términos de sus características técnicas reales o asumidas, sin considerar las consecuencias de la falla. El programa resultante es utilizado para todos los activos similares, nuevamente sin considerar que se aplican a diferentes consecuencias en diferentes contextos operacionales. Esto

tiene como resultado un gran número de programas desperdiciados, no porque estén 'mal' en el sentido técnico, sino porque no logran ningún resultado.

Debemos notar además que el proceso de RCM considera los requerimientos de mantenimiento de cada activo antes de preguntarse si sería necesario reconsiderar el diseño. Esto es así simplemente porque el ingeniero de mantenimiento que esté a cargo hoy tiene que mantener el equipo tal como esté hoy, y no pensando en lo que quizás sea en algún otro momento en el futuro.

2.3. CONCEPTUAL

El proceso de RCM se hace en dos niveles: En primer lugar, identifica las circunstancias que llevaron a la falla. Luego se pregunta qué eventos pueden causar que el activo falle.

En el mundo del RCM, los estados de falla son conocidos como fallas funcionales porque ocurren cuando el activo no puede cumplir una función de acuerdo al parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable. Sumado a la incapacidad total de funcionar, esta definición abarca fallas parciales en las que el activo todavía funciona, pero con un nivel de desempeño inaceptable (incluyendo las situaciones en las que el activo no puede mantener los niveles de calidad o precisión). Evidentemente éstas sólo pueden ser identificadas luego de haber definiendo las funciones y parámetros de funcionamiento del activo. Es por ello que se busca estrategias.

2.4. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS

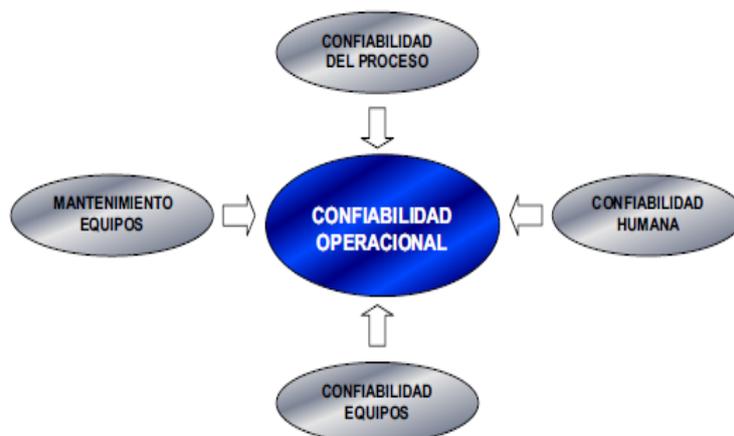
- Confiabilidad. Probabilidad de que un componente cumpla su función en un intervalo de tiempo preestablecido y un contexto definido.
- Disponibilidad. Probabilidad de que un equipo esté operando y sea operable en un tiempo preestablecido.
- Falla funcional. Incapacidad de cualquier activo físico para cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario.
- Función primaria. Es la razón por la cual fue adquirido un activo, la razón de ser del activo.

- Función secundaria. Es toda función adicional por la cual fue adquirido un activo, seguridad ecológica, control, integridad estructural, confort, contención.
- Mantenibilidad. Es la propiedad de un sistema que representa la cantidad de esfuerzo requerida para conservar su funcionamiento normal o para restituirlo una vez se ha presentado un evento de falla.
- Modo de falla. Es cualquier evento que causa una falla funcional.
- Monitoreo de condición. Toma de datos y variables de proceso, para efectuar análisis de comportamiento en el tiempo de un componente.

ANALISIS DE CRITICIDAD

“El Análisis de Criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la Confiabilidad Operacional, basado en la realidad actual. El mejoramiento de la Confiabilidad Operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componentes, está asociado con cuatro aspectos fundamentales: confiabilidad del proceso, confiabilidad humana, confiabilidad de los equipos y mantenimiento de los equipos como se muestra en la figura 2.4”

Figura 2.4. Aspectos de la Confiabilidad Operacional.



Fuente: PDVSA E&P Occidente 2002.

Para la presente investigación, nos basaremos en la confiabilidad de equipos, ya que realizar un estudio de los cuatro aspectos tomaría más tiempo para la investigación, se tendría un mayor alcance de compromiso de más áreas de la empresa y tendría un costo más elevado.

Los criterios a tomar en cuenta para realizar un adecuado análisis de criticidad están directamente relacionados con:

- Impacto sobre el servicio que proporciona
- Impacto en el valor técnico económico
- Consecuencias cuando se presente la falla
- Probabilidad de falla
- Flexibilidad del equipo en el sistema
- Dependencia logística
- Dependencia de la mano de obra
- Facilidad de reparación (Mantenibilidad)

Estos criterios servirán para generar una jerarquía asignando una calificación de acuerdo a las opiniones del personal involucrado en el proceso de la planta, Esta categorización nos servirá como punto de partida para aplicar los criterios de mantenimiento basado en confiabilidad, con ellos podremos aplicar e iniciar con el proceso del RCM.

En el siguiente cuadro se puede observar las distintas clasificaciones que se le puede asignar, a los activos luego de haber realizado un análisis de criticidad, estas clasificaciones se toman como referencia.

Figura 2.5. Aspectos de la Confiabilidad Operacional.

Priority		Application
Number	Description	
1	Emergency	Safety; mission impact.
2	Urgent	Continuous operation of facility at risk.
3	Priority	Mission support/project deadlines.
4	Routine	Accomplish on "first come, first served" basis.
5	Discretionary	Desirable, but not essential.
6	Deferred	Needed but unable to accomplish until more resources available.

Fuente: National Aeronautics and Space Administration. (2008), RCM Guide – For Facilities and Collateral Equipment

Para la presente investigación, estamos tomando 4 escalas de categorización las cuales están más acordes a la realidad de la planta.

Figura 2.6. Escala de Criticidad para Equipos

TIPO	CATEGORIA	CATEGORIA
CRITICA	A	16 a 20
IMPORTANTE	B	11 a 15
REGULAR	C	06 a 10
OPCIONAL	D	00 a 05

Fuente: Desconocida

TAREA SOBRE CONDICIÓN

“Está definido en el estándar SAE JA1012 (SAE, 2011, pág.6) como una tarea programada que permite detectar una falla potencial.”

RESTAURACIÓN PROGRAMADA

“Según el estándar SAE JA1012 (SAE, 2011, pág.7) es una tarea programada que restaura la capacidad de un ítem en un intervalo específico o incluso antes (límite de edad), independientemente de su condición al momento de la tarea, a un nivel en el cual proporciona una probabilidad aceptable de supervivencia hasta el fin de otro intervalo específico.”

DESINCORPORACIÓN PROGRAMADA

“El estándar SAE JA1012 (SAE, 2011, pág.7) la define como una tarea programada que implica desechar el ítem en un intervalo específico o incluso antes (límite de edad), independientemente de su condición al momento de la tarea.”

BÚSQUEDA DE FALLA

“Según el estándar SAE JA1012 (SAE, 2011, pág.6) es una tarea programada que permite determinar si alguna falla oculta específica ha ocurrido.”

OPERAR HASTA LA FALLA

“Está definido en el estándar SAE JA1012 (SAE, 2011, pág.7) como una política de administración de falla que consiste en permitir la ocurrencia de un modo de falla sin que se realice intento alguno por anticiparlo o prevenirlo.”

MANTENIMIENTO PROACTIVO

“Se define en el estándar SAE JA1012 (SAE, 2011, pág.7) como el mantenimiento llevado a cabo antes de que ocurra una falla, con el fin de prevenir que el ítem entre en un estado de falla (comprende la restauración programada, desincorporación programada y mantenimiento sobre condición).”

TAREA TÉCNICAMENTE FACTIBLE Y VALE LA PENA

“El estándar SAE JA1012 (SAE, 2011, pág.26), sentencia que todas las tareas programadas serán técnicamente factibles y valdrá la pena hacerlas (serán realizables y económicamente efectivas). Una tarea vale la pena si reduce (evita, elimina o minimiza) las consecuencias del modo de falla a un nivel que justifique los costos directos e indirectos de hacer la tarea.”

FALLA POTENCIAL

“El estándar JA1012 (SAE, 2011, pág.7) la define como una condición identificable la cual indica que una falla funcional o bien está a punto de ocurrir o está en proceso de formación”.

INTERVALO P-F

“Según lo define el estándar JA1012 (SAE, 2011, pág.6) es el intervalo entre el punto en el que una falla potencial se vuelve detectable y el punto en el que ésta pasa a ser una falla funcional (también se conoce como "período de desarrollo de la falla”

PROBABILIDAD CONDICIONAL DE FALLA

“Es la probabilidad de que una falla ocurrirá en un período determinado siempre que el ítem en cuestión haya sobrevivido al comienzo de ese período. (SAE, 2011, pág.5)”

COSTOS DE MANTENIMIENTO

“Según Zambrano (2007, pág.87) “Costos de Mantenimiento es aquel valor monetario que resulta de la inversión de recursos para la ejecución de mantenimiento y, de acuerdo a la información que se tenga sobre las actividades ejecutadas, los costos se deben clasificar en fijos o variables, directos o indirectos, para poder relacionar esta información con los presupuestos de la organización y tener proyecciones más cercanas a la realidad, dado que una meta de gran importancia dentro de un proceso de mantenimiento es la reducción de los costos, es decir lograr funcionamiento (minimización del tiempo fuera de servicio) de los sistemas al menor costo (reducción de costos) posible”.

“Según COVENIN (1993, pág. 9) los costos directos “constituyen el componente de los costos de producción que es cargado directamente al producto (materia prima, mano de obra directa, servicios comprados)”.

Las áreas potenciales de costo pueden describirse fácilmente. Básicamente, los costos de mantenimiento están conformados por los siguientes rubros:

- Mano de Obra: Ya sea que se trate de la fuerza laboral de ingeniería o de la fuerza laboral de un contratista.
- Materiales: Partes, lubricantes, herramientas, consumibles y componentes de reposición, entre otros.
- Equipos: Equipos empleados en forma directa en la ejecución de la actividad de mantenimiento.
- Costos Indirectos: Artículos del personal soporte (supervisor, gerencial y administrativo) y equipos suplementarios para garantizar la logística de ejecución (transporte, comunicación, facilidades).

III. HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1. HIPOTESIS GENERAL Y ESPECÍFICA

Hipótesis General

HG: El mantenimiento basado en confiabilidad influye en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.

Hipótesis Especificas

HE 1: Realizar el análisis de criticidad de los equipos influye en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.

HE2: El análisis de los modos y efectos de fallas de los equipos, influye en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.

HE3: Definir las funciones y parámetros de funcionamiento, influyen en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.

3.2. DEFINICION CONCEPTUAL DE VARIABLES

- Variable Independiente: Mantenimiento basado en confiabilidad.
- Variable Dependiente: Disponibilidad de equipos de una planta concentradora.

3.2.1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 3.1 Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO	TECNICA
Mantenimiento basado en confiabilidad	<p>Análisis de criticidad de equipos</p> <p>Análisis de modos y efectos de fallas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • equipos críticos. • funciones primarias • funciones secundarias • Modos de fallas • Efectos de fallas • Fallas ocultas 	Estadística Inferencial	<p>Análisis de datos secundarios</p> <p>Tablas de contingencia</p> <p>Historial de equipos</p>
VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO	TECNICA
Disponibilidad de equipos de una planta concentradora	<p>Mantenibilidad</p> <p>Confiabilidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo medio para la reparación • Personal especializado • Tiempo medio entre fallas • Cantidad de fallas 	Estadística Inferencial	<p>Análisis de datos secundarios</p> <p>Tablas de contingencia</p> <p>Historial de equipos</p>

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION

Tipo de investigación

Cuantitativa “Enfoque cuantitativo Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías”.

Diseño de Investigación

No experimental “Se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos (The SAGE Glossary of the Social and Behavioral Sciences, 2009b)”.

Transeccional – Correlacional, “Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único (Liu, 2008 y Tucker, 2004). Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como “tomar una fotografía” de algo que sucede”, los diseños correlacionales, “Estos diseños describen relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado. A veces, únicamente en términos correlacionales, otras en función de la relación causan efecto (causales)”.¹⁰

4.2 METODO DE INVESTIGACION

De acuerdo al desarrollo de la presente investigación, se considera el método comparativo, puesto que para el análisis se ha considerado tomar información inicial, tales como registro de histórico de intervención de equipos, planes de mantenimiento, situación actual de los indicadores; con ello se analizará el estado de los activos de la planta antes de la presente propuesta y posteriormente se realizará el análisis de los resultados según lo mencionado en la hipótesis general y específica.

¹⁰ **HERNÁNDEZ, Roberto. 2014.** *Metodología de la investigación.* México D.F. : Mc Graw Hill, 2014.

4.3 POBLACION Y MUESTRA

Para la presente investigación se consideró como población los equipos de la planta de trituración de mineral (HPGR), específicamente nos centraremos en los sistemas eléctricos y de instrumentación, en total se tienen 59 activos principales, de las cuales se tomará como muestra solamente a los equipos que tengan una criticidad A, que en total son 24 equipos, dependiendo del resultado obtenido a estos activos, en un corto plazo podremos aplicar la metodología del RCM a todos los equipos de criticidad A y B, y en un mediano plazo a los activos de toda la planta.

4.4 LUGAR DE ESTUDIO

La presente investigación se realizó en las instalaciones de una planta concentradora de una empresa minera, en donde se recolectó la información para su respectivo análisis.

4.5 TECNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCION DE LA INFORMACION

Entrevista

Observación directa.

Análisis documental

4.6 ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Para el análisis de los datos obtenido se utilizará el programa Microsoft Excel, posteriormente revisaremos los resultados obtenidos para emitir las conclusiones respecto a la influencia que tendrá el mantenimiento basado en confiabilidad en la disponibilidad en una planta concentradora.

Implementando las recomendaciones del RCM:

Según nos indica, se tiene que iniciar con las siete preguntas básicas, las cuales son:

¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?

¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?

¿Cuál es la causa de cada falla funcional?

¿Qué sucede cuando ocurre una falla?

¿En qué sentido es importante cada falla?

¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?

¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Para dar respuestas a estas preguntas se tomó como guía las plantillas del libro RCM II, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, de John Moubray, con lo cual se comenzaron a tomar decisiones para su implementación en este caso solo al equipo denominado Tripper Car el cual tiene una criticidad alta.

“Para afrontar con éxito la metodología del RCM se irá completando una serie de fases para cada uno de los sistemas que componen la planta.

Fase 0: Codificación y listado de todos los subsistemas, equipos y elementos que componen el sistema que se está estudiando. Elaboración del análisis de criticidad.

Fase 1: Estudio detallado del funcionamiento del sistema. Listado de funciones del sistema en su conjunto. Listado de funciones de cada subsistema y de cada equipo significativo integrado en cada subsistema.

Fase 2: Determinación de los fallos funcionales y fallos técnicos

Fase 3: Determinación de los modos de fallo o causas de cada uno de los fallos

Fase 4: Estudio de las consecuencias de cada modo de fallo. Clasificación de los fallos en críticos, importantes o tolerables en función de esas consecuencias

Fase 5: Determinación de medidas preventivas que eviten o atenúen los efectos de los fallos.

Fase 6: Agrupación de las medidas preventivas en sus diferentes categorías.

Fase 7: Puesta en marcha de las medidas preventivas”¹¹

DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE LA PLANTA CONCENTRADORA – JERARQUIZACION DE EQUIPOS.

Para nuestra investigación se realizó un levantamiento de información de campo, relacionado con los procesos de los distintos circuitos que tiene la planta, esta información nos sirvió de guía para realizar la jerarquización de equipos, de acuerdo a la ubicación y al proceso que realizan, en nuestro caso solo nos abocaremos al circuito de trituración de mineral (HPGR, High Pressure Grinding Rolls - Rodillos de molienda de alta presión), este circuito comprende los siguientes equipos principales:

- Tripper car
- Fajas Transportadoras
- HPGR´s
- Tolvas de alimentación
- Bombas de alimentación de pulpa
- Detector de metal
- Alimentadores vibratorios
- Zarandas vibratorias
- Bombas de sumidero

En el anexo de la presente investigación se adjunta el cuadro con la jerarquización de cada equipo perteneciente a esta planta.

ANALISIS DE CRITICIDAD EN LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE TRITURACION

Para la presente investigación nos basamos en una metodología, que involucra a varias disciplinas las cuales intervienen en el proceso de producción de la planta, estas personas respondieron a las preguntas de acuerdo con sus competencias, siendo consideradas sus opiniones, ya que en su mayoría son

¹¹ **Moubray, John. 2004.** *Reliability Centred Maintenance (RCM)*. North Carolina : Aladon LLC, 2004.

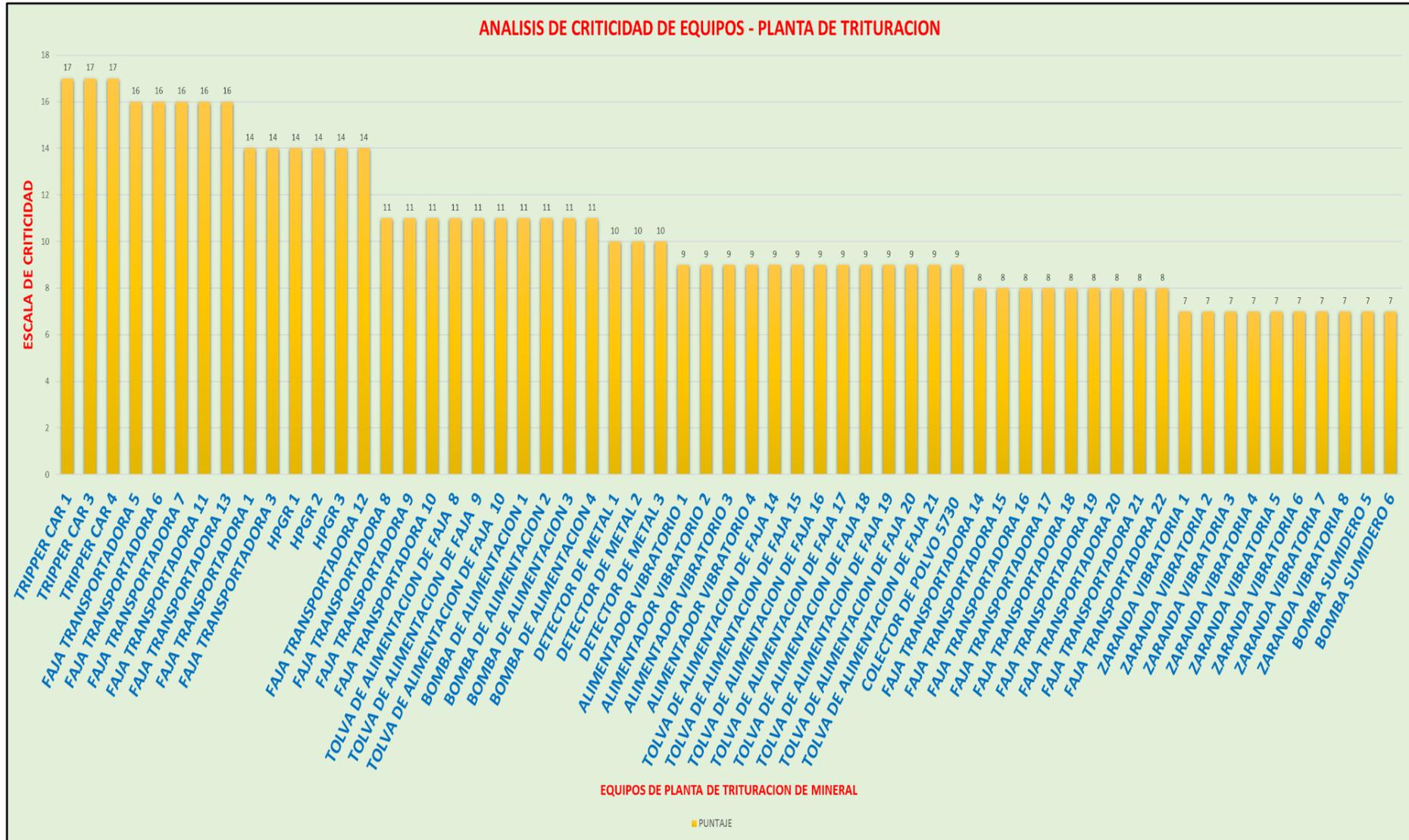
personas con mucho tiempo de experiencia en el sector minero, al final se tuvo una adecuada clasificación:

Seguidamente se lista las preguntas, que fueron realizadas para cada activo crítico del circuito de HPGR.

- ¿Cuál es el impacto sobre el servicio que proporciona?
- ¿Cuál es el impacto en el valor económico: adquisición, operación y mantenimiento?
- ¿Cuáles son las consecuencias cuando se presente, la falla afecta al equipo en sí, la falla afecta al servicio, la falla afecta a la integridad del operador, la falla afecta al medio ambiente?
- ¿Cuál es la probabilidad de falla del activo?
- ¿Cuál es la flexibilidad del equipo en el sistema?
- ¿Existe dependencia logística local o del extranjero?
- ¿Existe dependencia de la mano de obra de terceros?
- ¿Cuál es la facilidad de reparación (Mantenibilidad)?

Estas son las preguntas que fueron realizadas al personal involucrado en el proceso de producción, obtenida las respuestas y llegadas a un consenso, se procedió a plasmarlas en un documento Excel para poder evaluar los resultados obtenidos, esto nos sirvió para poder categorizar los equipos de acuerdo con su criticidad en el proceso de producción, en el cuadro siguiente se apreciar cuáles fueron los resultados de este análisis.

Gráfico 4.1 Análisis de criticidad de equipos

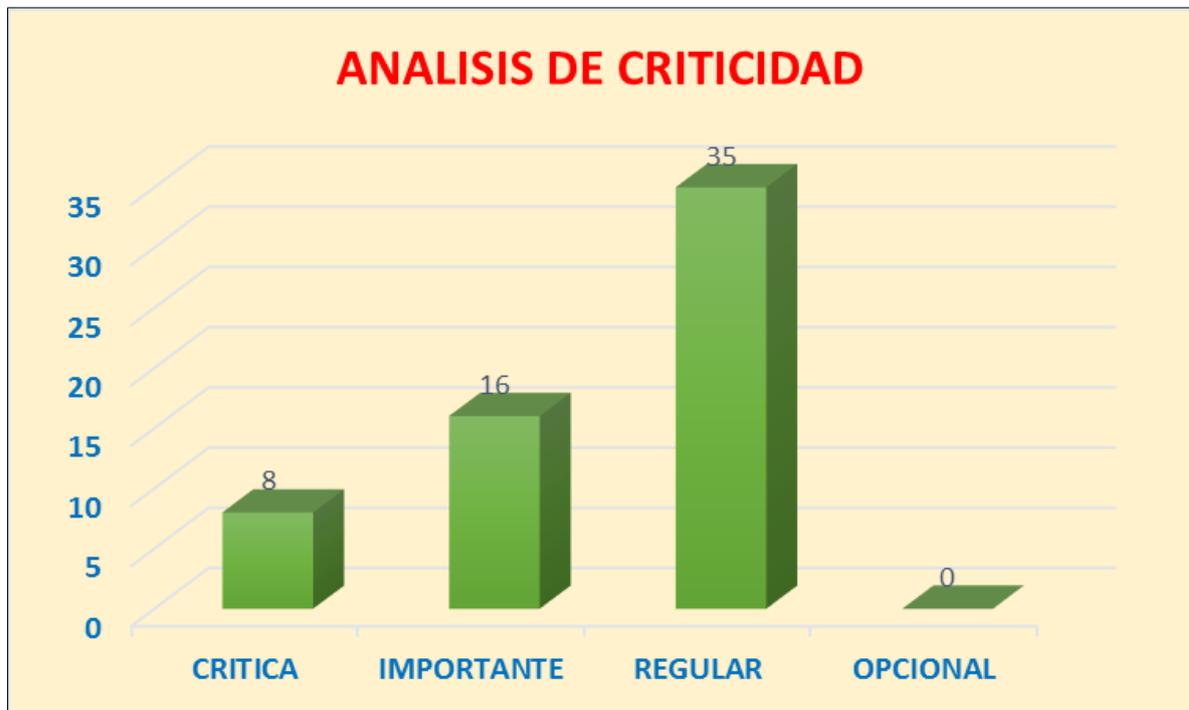


Luego se procedió a resumir los equipos para poder clasificarlos por categorías o criticidad:

Tabla 4.1, Cuadro de criticidad de equipos de la planta de trituración.

TIPO	CATEGORIA	CRITICIDAD
CRITICA	A	8
IMPORTANTE	B	16
REGULAR	C	35
OPCIONAL	D	0

Gráfico 4.2 Análisis de criticidad



Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en el gráfico 4, se tiene en total 24 equipos denominados críticos e importantes, de ellos 8 son activos críticos “A” y 16 son activos críticos “B”, y 35 son activos críticos “C”, seleccionaremos solo a los 24 activos críticos, a los cuales se implementará las recomendaciones del RCM.

Fase 2: Determinación de los fallos funcionales y fallos técnicos

Fase 3: Determinación de los modos de fallo o causas de cada uno de los fallos

Fase 4: Estudio de las consecuencias de cada modo de fallo. Clasificación de los fallos en críticos, importantes o tolerables en función de esas consecuencias

Fase 5: Determinación de medidas preventivas que eviten o atenúen los efectos de los fallos.

Fase 6: Agrupación de las medidas preventivas en sus diferentes categorías.

Fase 7: Puesta en marcha de las medidas preventivas

Para la determinación de estas fases, se ha utilizado las plantillas siguientes:

- “HOJA DE INFORMACIÓN RCM II”,
- “HOJA DE DECISION RCM II”,

Estas hojas de información y decisión fueron realizadas para los tres equipos críticos denominados Tripper car del circuito de HPGR.

V. RESULTADOS

5.1 Resultados descriptivos

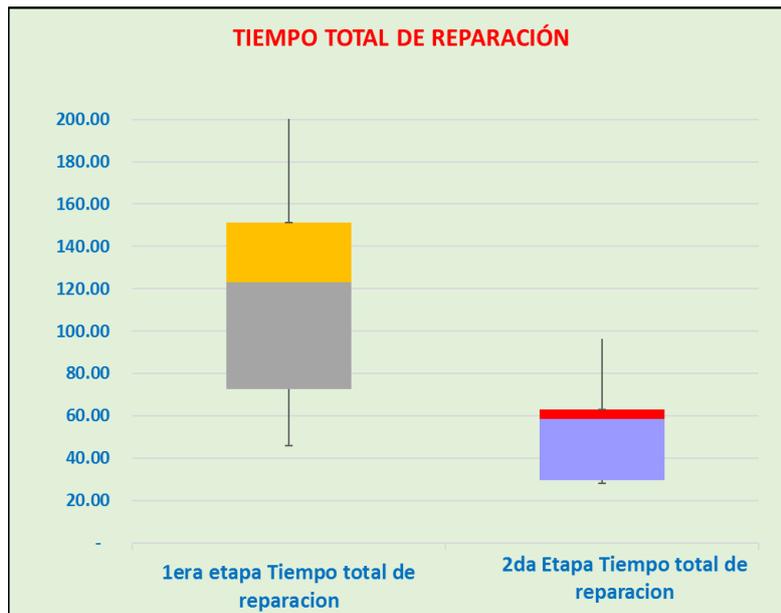
Mediante los análisis estadísticos se evidencia que los resultados mejoraron, considerando el escenario inicial se aprecia que para nuestro caso la influencia del RCM ha tenido un impacto positivo, se aprecia que ha disminuido el tiempo total de reparación, en los meses posteriores a la implementación, también se han reducido la cantidad de fallas, del mismo modo hubo una reducción del MTTR lo cual es un resultado favorable, también se observa que el MTBF ha aumentado en los meses posteriores, del mismo modo el indicador principal objeto de la presente investigación que es la disponibilidad tuvo un aumento en los meses posteriores a la implementación, que para nuestro caso se aplicó a los tres equipos críticos de la planta HPGR denominados “Tripper Car”, en la siguiente tabla se evidencian los resultados obtenidos en el periodo de implementación de la presente propuesta.

Tabla 4.2 Resultado de indicadores

KPI / Variables	Media		Mediana	
	1era Etapa	2da Etapa	1era Etapa	2da Etapa
Tiempo Total Repar.	78.41	31.35	26.00	10.45
Fallas	15.67	9.08	5.00	3.00
MTTR	5.14	3.69	5.02	3.46
MTBF	147.54	252.50	146.40	244.00
Disponibilidad %	96.57%	98.6%	96.59%	98.55%

En la siguiente figura se aprecia cómo ha evolucionado el tiempo total de reparación antes de la implementación de las estrategias del RCM y después de la implementación de las estrategias del RCM.

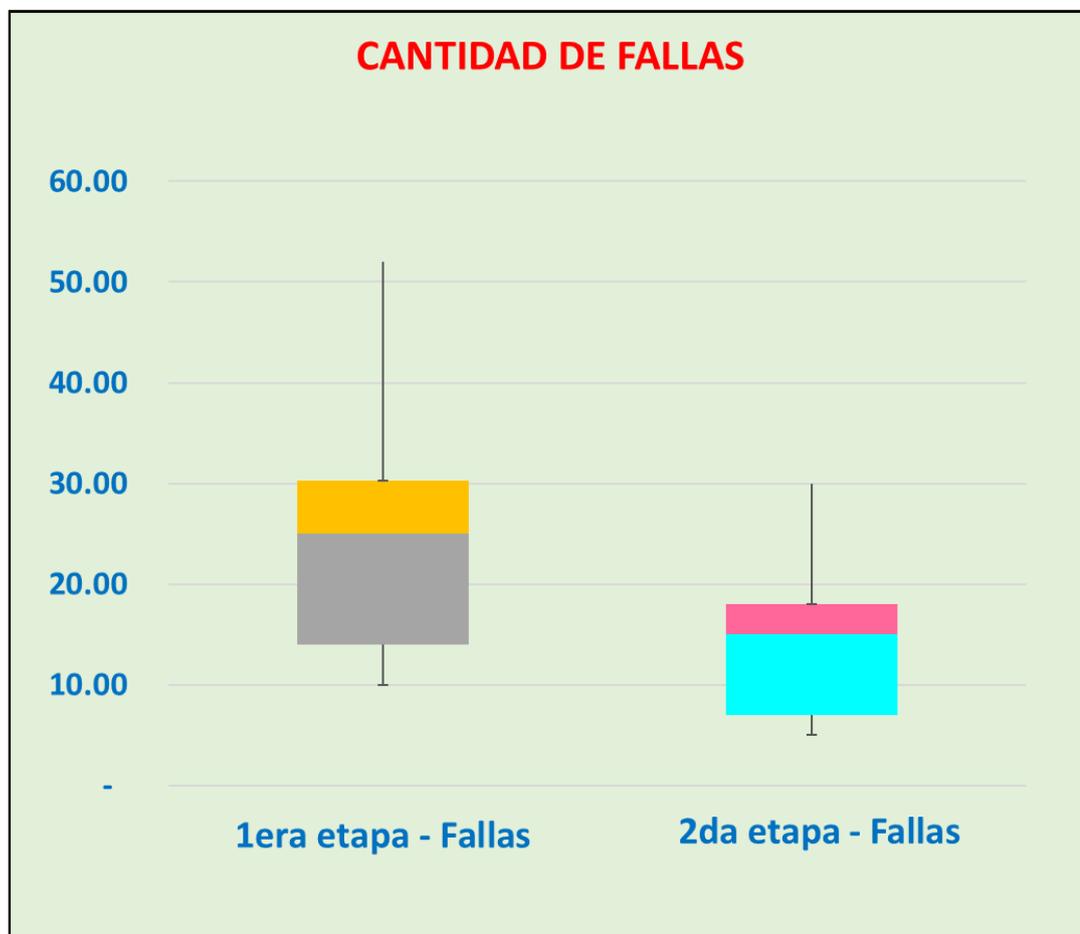
Figura 4.1, Tiempo total de reparación



Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo, en la siguiente figura se aprecia cómo ha evolucionado la cantidad de fallas en el tiempo, luego de haber implementado las estrategias del RCM.

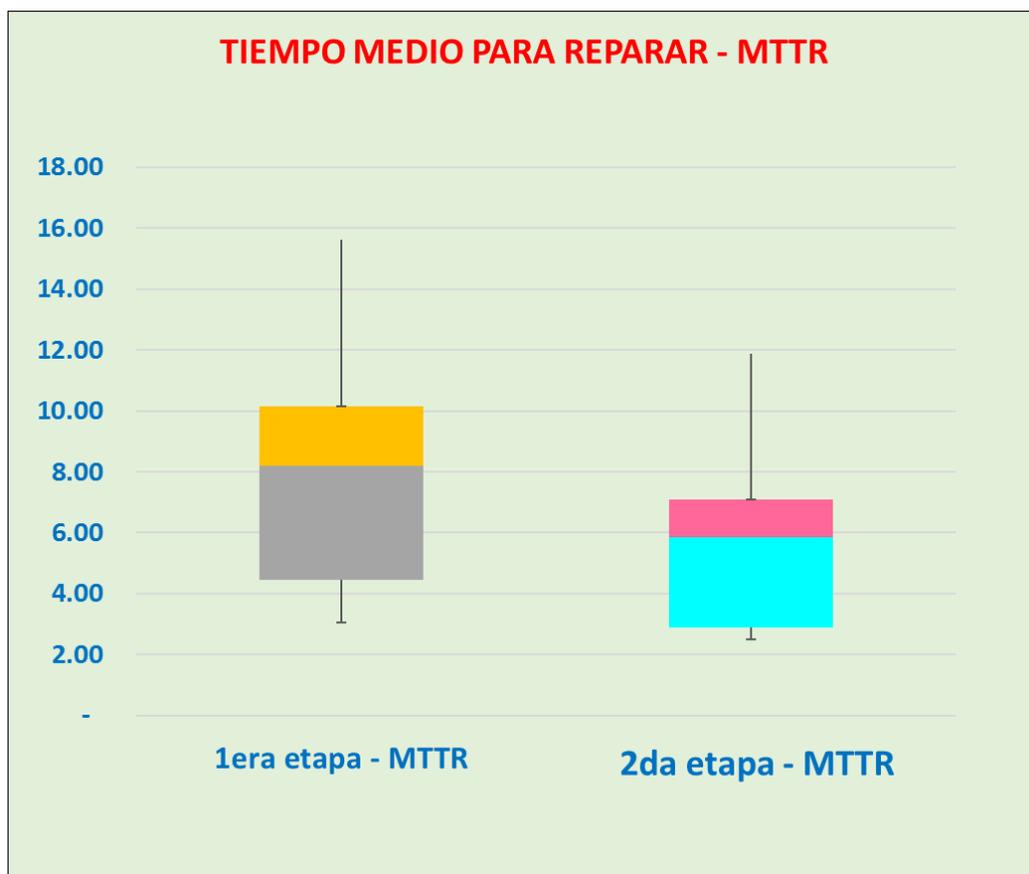
Figura 4.2 Cantidad de fallas



Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo, en la siguiente figura se aprecia cómo ha evolucionado el tiempo medio para la reparación, en este caso la mejora se interpreta como la disminución de este indicador, lo cual es beneficioso para nuestra investigación.

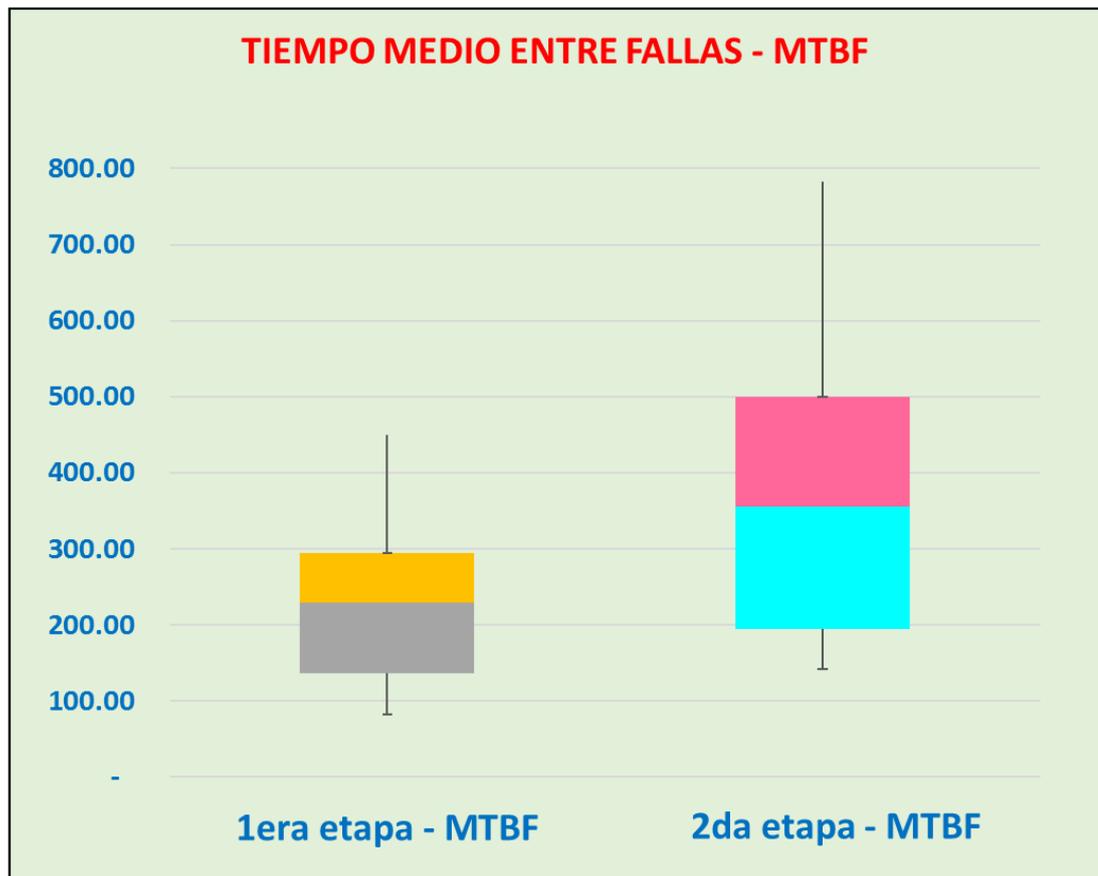
Figura 4.3 MTTR, Tiempo medio para la reparación



Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo, en la siguiente figura se aprecia cómo ha evolucionado el tiempo medio entre fallas, en este caso la mejora se interpreta como el aumento de este indicador, lo cual es beneficioso para nuestra investigación.

Figura 4.4 MTBF, Tiempo medio entre fallas



Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo, en la siguiente figura se aprecia cómo ha evolucionado la disponibilidad, en este caso la mejora se interpreta como el aumento de este indicador, lo cual es beneficioso para nuestra investigación.

Figura 4.5. Disponibilidad



Fuente: Elaboración propia

5.2 Resultados inferenciales

Seguidamente se realiza la prueba de normalidad para poder definir el tipo de prueba inferencial a usar.

H0: La variable tiene distribución normal

H1: La variable no tiene distribución normal

Tabla 4.3
Pruebas de Normalidad

Variables	Shapiro - Wilk	
	Estadístico	Valor p
Tiempo Total Repar.	0.9390	0.2091
Fallas	0.9377	0.1938
MTTR	0.8595	0.0085
MTBF	0.9030	0.0883
Disponibilidad	0.9394	0.2142

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la tabla 4 que casi todas las variables tiene una distribución normal, excepto el tiempo medio para la reparación (MTTR), en tal sentido para Todas las variables que tienen distribución normal ($p > 0.05$), para probar si el mantenimiento basado en confiabilidad influye en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora, se deberá realizar la prueba paramétrica "t" de Student para las variable Tiempo total de reparación, Fallas, Tiempo medio para las fallas (MTBF) y para la disponibilidad; por otro lado para la variable tiempo medio para la reparación, se aplicará la prueba no paramétrica de rangos de Wilcoxon.

Pruebas de las hipótesis específicas

Hipótesis Específica 1

Realizar el análisis de criticidad de los equipos influye en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.

Hipótesis estadística 1

H0: Realizar el análisis de criticidad de los equipos no influye en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.

H1: Realizar el análisis de criticidad de los equipos influye en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.

Para esta hipótesis realizaremos una relación con el indicador (MTTR), debido a que el tiempo de reparación de los equipos de criticidad alta es mucho mayor que el MTTR de los equipos de menor criticidad.

Tabla 4.4 Prueba No paramétrica Wilcoxon para el MTTR

Prueba no paramétrica de Wilcoxon		Rango Promedio	Z	Valor p
Tiempo Medio para reparar MTTR 1era etapa - Tiempo Medio para reparar MTTR 2da etapa	Rangos negativos	0	-4.286	0.000
	Rangos positivos	300.000		

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia que el valor “p” es menor que nivel de significancia ($p < 0.05$), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, esto quiere decir que realizar el análisis de criticidad de los equipos influye en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.

Hipótesis Especifica 2

El análisis de los modos y efectos de fallas de los equipos influye en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.

Hipótesis estadística 2

H0: El análisis de los modos y efectos de fallas de los equipos no influye en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.

H1: El análisis de los modos y efectos de fallas de los equipos influye en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.

Tabla 4.5 Prueba “t” Student del MTBF

Prueba t Student para muestras relacionadas	Muestras emparejadas		t	Valor p
	Media	Desviacion estandar		
Tiempo Medio para reparar MTBF 1era etapa- Tiempo Medio para reparar MTBF 2da etapa	-104.960	70.705	-7.272	0.000

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia que el valor de p es menor que nivel de significancia ($p < 0.05$), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, esto quiere decir que el análisis de los modos y efectos de fallas de los equipos influye en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.

Hipótesis Específica 3

Definir las funciones y parámetros de funcionamiento, influyen en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.

Hipótesis estadística 3

H0: Definir las funciones y parámetros de funcionamiento no influyen en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.

H1: Definir las funciones y parámetros de funcionamiento no influyen en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.

Tabla 4.6 Prueba “t” Student de Fallas

Prueba t Student para muestras relacionadas	Muestras emparejadas		t	Valor p
	Media	Desviación estandar		
Fallas 1era etapa-Fallas 2da etapa	6.583	3.775	8.542	0.000

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia que el valor de p es menor que nivel de significancia ($p < 0.05$), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, esto quiere decir que definir las funciones y parámetros de funcionamiento influyen en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.

VI. DISCUSION DE RESULTADOS

6.1. Contrastación de hipótesis con los resultados

De los resultados obtenidos, luego de haber usado como herramienta estadística el diagrama de cajas (5 puntos) o Box Plot usando el programa Microsoft Excel, se tomará estos resultados para poder contrastar con las hipótesis planteadas en el capítulo III de la presente investigación.

Hipótesis Específica 1: El adecuado análisis de criticidad de los equipos influye en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.

Al analizar e interpretar los resultados obtenidos, se afirma que realizar el análisis de criticidad influye en la disponibilidad de equipos, ya que es fundamental definir cuan critico es un equipo en la línea de producción y cuál sería el impacto si éste falle, para eso debemos de considerar varios aspectos, tanto en las perdidas que pudiera generar, como en el impacto que pudiera tener en el personal o en el medio ambiente, realizando esta categorización podríamos concentrar el mayor esfuerzo en aquellos equipos denominados “críticos” y así poder destinar adecuadamente los recursos necesarios y de esta manera poder optimizarlos.

Hipótesis Específica 2: El análisis de los modos y efectos de fallas de los equipos críticos, influye en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.

De los resultados obtenidos, se evidencia que realizar el AMEF es una herramienta necesaria para implementar la metodología del RCM, de esta manera podemos ahondar en las posibles fallas potenciales, analizando adecuadamente los modos de fallas, para nuestro caso hemos considerado que los modos de fallas detectados tienen una misma jerarquía, pero a mediano plazo deberíamos de realizar una categorización de estos modos de falla, para que podamos definir la mejor estrategia de mantenimiento a implementar, de manera tal que se pueda reducir los costos de mantenimiento y mejorar los indicadores objetos de la presente investigación

Hipótesis Específica 3: Definir las funciones y parámetros de funcionamiento, influyen en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.

Según el análisis de la información y de los resultados obtenidos, podemos indicar que el definir las funciones primarias y funciones secundarias, incluyendo a éste los parámetros principales de operación, nos permitirá detectar la manifestación de un modo de falla asociado a una falla funcional, el cual impactará de manera negativa en las funciones del equipo, en algunos casos disminuirá la producción y en otros casos para la producción, para nuestro caso se definió las funciones principales de los equipos de criticidad “A” y “B”. En tal sentido se afirma que es imprescindible definir estas funciones para poder implementar la presente metodología, los cuales tuvieron un buen resultado en el corto plazo el cual fue plasmado en la presente investigación.

6.2. Contratación de resultados con otros estudios similares

Según los resultados obtenidos en la presente investigación, aplicando las estrategias del RCM en primera instancia a los activos de criticidad “A” y “B”, se logró mejorar el indicador denominado Disponibilidad durante el periodo de 5 meses que duró la investigación, de los cuales los 02 primeros meses fueron para la recolección y análisis de información de campo, y en los 2 meses posteriores se realizó la implementación de la presente investigación, en donde su pudo evidenciar que la disponibilidad mejoró de un 96.6% a un 98.58%, este indicador es una buena señal, ya que nos evidencia que se han reducido los tiempos de parada, también se ha reducido la cantidad de número de fallas, estos son KPI's son importantes ya que podemos usar esto como sustento para que posteriormente se pueda ampliar el campo de aplicación, implementando esta metodología a los equipos de criticidad C del circuito “HPGR” e inclusive en las demás circuitos de la planta, estos resultados coinciden con la investigación realizada por **Mendoza Carbajal, Cesar. Sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad para motores eléctricos de inducción. Tesis (Grado de Magister en Ciencias). Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia 2016,** quien indica que dentro sus conclusiones, se redujo el número de fallas, del

mismo modo indica que implementando el RCM se reduce los tiempos de parada y aumentó el indicador de disponibilidad de los motores de 93% a 95%.

Asimismo, en la presente investigación se pudo notar que los indicadores principales usados de acuerdo con el análisis a los activos de criticidad “A” y “B”, tales como MTBF y MTTR, se evidenció mejoras tales como; en el MTBF se tuvo un incremento y el MTTR tuvo una disminución lo cual es favorable, en la investigación de **Ortiz Álvarez, Víctor. Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) al sistema de izaje mineral, de la compañía minera Milpo, unidad “El Porvenir”**. Tesis (Maestro en gerencia e ingeniería de mantenimiento). **Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú, 2015**, quien indica que se logró alcanzar el objetivo de incrementar el MTBF entre 100-120 horas sin fallas en el Sistema de Izaje y encontrando una frecuencia adecuada para realizar el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivos programados de los equipos, también menciona que el plan de mantenimiento desarrollado en base al RCM, ha mejorado el intervalo de mantenimiento programado, considerando que antes se intervenía 3 veces por semana y hoy solo se interviene 2 veces por semana. El detalle de esta reducción se sostiene en realizar actividades efectivas y necesarias para cada tipo (A, B y C) de activos que conforma el sistema de izaje mineral.

6.3 Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes

Cumpliendo con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía declaramos bajo juramento que toda la documentación que se presenta como anexo a la presente investigación es veraz y autentica.

Maestriza: Acuña Ojea Erick Armando identificado con DNI N° 42472893

Maestriza: Vargas Neyra Renzo identificado con DNI N° 44632208

CONCLUSIONES

1. Se concluye que para la implementación de las herramientas del RCM es necesario comenzar realizando una categorización en donde se identifique a los equipos más críticos de la planta, ya que para el inicio de la implementación de esta estrategia se requiere el compromiso de las áreas involucradas de manera directa en el proceso, puesto que al inicio es mejor concentrar el esfuerzo en los equipos más críticos.
Para nuestro caso se analizaron los equipos de criticidad “A” y “B” evidenciando que los resultados obtenidos fueron favorables, para esto se contó con el apoyo del equipo multidisciplinario que comprendió las áreas de producción y mantenimiento.
Se realizaron reuniones en donde participaron las personas claves de cada área, cabe indicar que esta implementación demandó tiempo, pero posteriormente con el análisis de los resultados llegamos a definir las estrategias de mantenimiento a implementar según sea el caso, reduciendo la frecuencia de que los equipos presente fallas.
2. También se llega a la conclusión que es indispensable realizar el AMEF de una manera adecuada, ya que ello dependerá el éxito o fracaso del mantenimiento basado en confiabilidad, de tenerlo bien implementado, estaríamos identificando, reduciendo y en algunos casos eliminando las posibles fallas potenciales que pudieran presentarse en la operación de la planta, los cuales de materializarse puedan ocasionar pérdidas económicas a la empresa, a la vez que pudieran dañar la integridad del personal involucrado en el proceso de producción; también se realizó un análisis minucioso de las fallas potenciales que ocurrieron, con el objetivo de garantizar que no se vuelvan a presentar.
3. Con respecto al RCM y su influencia en la disponibilidad de una planta, se concluye que efectivamente, se obtuvo un aumento en la disponibilidad, para nuestro caso se aplicó los equipos críticos “A” y “B”,

se evidenció que la disponibilidad de los equipos aumentaron, esto beneficia a la planta ya que también se reducen los costos de mantenimiento, a la vez se llegó a conocer mejor al equipo, ya que el personal técnico monitoreaba constantemente a este equipo crítico, encontrando cuales fueron los modos de falla que generaban que el equipo presente fallas afectando la función principal del equipo, esto nos ayudó a definir cuando era necesario realizar el mantenimiento a los equipos y también se pudo asignar la mejor estrategia de mantenimiento a implementar para cada uno de los activos críticos, definiendo las tareas de mantenimiento necesarias y las frecuencias a realizarlas, posteriormente en un mediano plazo estas actividades formarán parte de un plan de mantenimiento anual, para nuestro caso no nos hemos centrado en la elaboración de un plan de mantenimiento anual, pero podría ser una propuesta a futuro un plan de mantenimiento basado en confiabilidad.

4. Se evidenció también que el personal de mantenimiento de la parte eléctrica e instrumentación tenía poco conocimiento en cuanto al funcionamiento de estos equipos críticos, esta carencia de expertiz fue mejorando con el tiempo ya que se realizaron capacitaciones a todo el personal, en donde se exponían los puntos claves que generaban la ocurrencia de los modos de fallos, como parte de una mejora continua hemos continuado con la capacitación al personal en algunos temas que consideramos importantes para reforzar sus conocimientos, y poder tener en claro los conceptos necesarios para afrontar con éxito las dificultades que pudieran presentarse en el desarrollo de las actividades diarias.
5. En las reuniones de los equipos multidisciplinarios que participaron los involucrados, hubo comentarios acertados y algunos comentarios de poca relevancia, a la vez siempre encontramos personas un poco reacias al cambio, dado que algunos prefieren mantener el status quo y continuar en lo mismo, para ello se deberá de saber sobrellevar este tipo de situaciones, en tal sentido es necesario que el personal involucrado

conozca a detalle cual es el objetivo del RCM para tener claro que es lo que debemos hacer y no desaprovechar el tiempo invertido.

RECOMENDACIONES

1. Luego de analizar las hipótesis objetos de la presente investigación, se pudo notar que la implementación de la metodología del RCM aplicado a los equipos críticos “A” y “B” de la planta HPGR se obtuvo resultados favorables mejorando los indicadores descritos anteriormente, por lo tanto se recomienda realizar la implementación de las estrategias del RCM en primera instancia a los equipos de criticidad A de los demás circuitos de la planta y posteriormente a los equipos de criticidad B, de acuerdo a los resultados obtenidos podremos continuar con la implementación en los circuitos de la planta.
2. Para la implementación del RCM se recomienda contar con una persona que tenga el suficiente conocimiento del mantenimiento basado en confiabilidad y que tenga buen manejo interpersonal, esta persona que denominaremos “moderador” es clave para la presente propuesta ya que de eso depende el éxito o fracaso, en las reuniones de los equipos multidisciplinarios tendrá que saber manejar los comentarios acertados y los comentarios de poca relevancia que pudieran salir a flote en los conversatorios, a la vez deberá de contar con el apoyo de la jefatura para poder dirigir las reuniones.
3. Se recomienda realizar capacitaciones continuas, estas capacitaciones deberán de tener como tema principal los modos de falla plasmados en las plantillas, se deberá de dar a conocer cuáles son las causas de estos modos de fallas y cuáles son las actividades propuestas para evitar que surjan estos modos de falla ya identificados o que puedan surgir nuevos modos de falla, que pudieran causar paradas en los activos de la planta.

4. En base a las actividades propuestas de acuerdo con los modos de fallos identificados, se recomienda realizar un plan de mantenimiento, el cual indique las actividades claves a realizar, así como también indique cuáles serán las frecuencias a realizar dichas actividades, posteriormente este plan servirá como modelo para poder replicar en las distintas plantas de la empresa, siempre considerando las variables que pudieran afectar o que pudieran anticipar la presencia de los modos de falla identificados, en nuestro caso las variables que afectan son la humedad de la zona, la elevada suspensión de partículas de mineral, la acumulación de mineral producto del transporte en las distintas plantas de la empresa, la vibración que afecta a los sistemas eléctricos como tableros y algunos instrumentos de control.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Castro Irrarazabal, Mario. 2017.** *Método basado en RCM, para la gestión de mantenimiento en tractores agrícolas: Caso Municipalidad Distrital de Colquepata.* Arequipa : s.n., 2017.
- Fuentes Herrera, Marco Antonio. 2015.** . *Plan de mantenimiento para sistemas reemplazables basado en un análisis de confiabilidad considerando modos de falla dependientes.* Saltillo, Coahuila : s.n., 2015. .
- HERNÁNDEZ, Roberto. 2014.** *Metodología de la investigación.* México D.F. : Mc Graw Hill, 2014.
- Lourival Tavares, Augusto.** *Administración Moderna de Mantenimiento.* Brasill : Novo Polo Publicaciones.
- Mantenimiento Petroquímica.com. [En línea] [Citado el: 15 de 5 de 2019.] [http://www.mantenimientopetroquimica.com/index.php/el-objetivo-del-rcm-y-las-fases-del-proceso.](http://www.mantenimientopetroquimica.com/index.php/el-objetivo-del-rcm-y-las-fases-del-proceso)
- Mendoza Carbajal, Cesar. 2016.** *Sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad para motores eléctricos de inducción.* Bolivia : s.n., 2016.
- Moubray, John. 2004.** *Reliability Centred Maintenance (RCM).* North Carolina : Aladon LLC, 2004.
- National Aeronautics and Space Administration. 2008.** *RCM Guide – For Facilities and Collateral Equipment.* USA : s.n., 2008.
- Ortiz Alvarez, Victor. 2015.** *Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) al sistema de izaje mineral, de la compañía minera Milpo, unidad El Porvenir.* Perú : s.n., 2015.
- Petit Jimenez, Juan Eduardo. 2014.** *Mantenimiento centrado en confiabilidad para sistemas de bombeo electro sumergible en empresas petroleras de la región zuliana.* Venezuela : s.n., 2014.
- SAE JA 1012. 2002.** *A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standar.* 2002.
- Vera Alatrística, Christian Alejandro. 2018.** *Diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM para el transformador de*

distribución de 250 kva y sistema de distribución de baja tensión 380/220 v de la subestación de TECSUP - AREQUIPA. Arequipa : s.n., 2018.

2011. *America Economía.* [En línea] 10 de 04 de 2011. [Citado el: 08 de 05 de 2019.] <https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/peru-existen-398-unidades-mineras-en-produccion-y-100-companias-realizando-explo>.

El Comercio. 2018. [En línea] 24 de 05 de 2018. [Citado el: 08 de 05 de 2019.] <https://elcomercio.pe/economia/peru/mineria-peruana-represento-alrededor-10-pbi-2017-noticia-522403>.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD Y SU INFLUENCIA EN LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS DE UNA PLANTA CONCENTRADORA”

OBJETIVOS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p><u>PROBLEMA GENERAL</u></p> <p>¿En qué medida el mantenimiento basado en confiabilidad influye en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora?</p>	<p><u>OBJETIVO GENERAL</u></p> <p>Determinar la influencia del mantenimiento basado en confiabilidad en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.</p>	<p><u>HIPÓTESIS GENERAL</u></p> <p>El mantenimiento basado en confiabilidad influye en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.</p>	<p><u>VARIABLE INDEPENDIENTE</u></p> <p>Mantenimiento basado en confiabilidad</p>	<p>Análisis de criticidad de equipos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • equipos críticos. 	<p>TIPO DE INVESTIGACION Cuantitativa</p>
<p><u>PROBLEMA ESPECIFICO</u></p> <p>a) ¿En qué medida la determinación de los equipos críticos influye en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora?</p> <p>b) ¿En qué medida la elaboración del análisis de modo y efectos de fallas influye en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora?</p> <p>c) ¿En qué medida definir las funciones y parámetros de funcionamiento, influyen en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora?</p>	<p><u>OBJETIVO ESPECIFICO</u></p> <p>a) Determinar la metodología para realizar un análisis de criticidad e identificar a los equipos que influyan en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora</p> <p>b) Elaborar el análisis de modos y efectos de fallas de los equipos críticos que influyan en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora</p> <p>c) Definir las funciones y parámetros de funcionamiento que influyan en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.</p>	<p><u>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</u></p> <p>1. Realizar el análisis de criticidad de los equipos influye en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora</p> <p>2. El análisis de los modos y efectos de fallas de los equipos, influye en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.</p> <p>3. Definir las funciones y parámetros de funcionamiento, influyen en la disponibilidad de los equipos de una planta concentradora.</p>	<p><u>VARIABLE DEPENDIENTE</u></p> <p>Disponibilidad de equipos de una planta concentradora</p>	<p>Análisis de modos y efectos de fallas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Funciones primarias • Funciones secundarias. • Modos de fallas • Efectos de fallas • Fallas ocultas 	<p>DISEÑO DE INVESTIGACION No experimental – Transeccional - Correlacional.</p> <p>POBLACION Equipos del área de trituración de la planta concentradora, en total con 59 equipos.</p> <p>MUESTRA 24 equipos críticos del área de trituración, de los cuales 8 son de criticidad “A” y 16 son de criticidad “B”.</p>
				<p>Mantenibilidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Tiempo medio para la reparación • Historial de averías y procedimientos • Personal especializado 	<p>TECNICAS DE RECOLECCION DE DATOS Entrevista. Observación directa. Análisis documental.</p>
				<p>Confiabilidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo medio entre fallas • Cantidad de fallas • Carga de trabajo 	<p>INSTRUMENTOS Historial de equipos</p> <p>ESTADISTICA Descriptiva: Gráfico de barras, diagrama de cajas (5 puntos) o Box Plot</p> <p>INFERENCIAL, de correlación.</p>

RESUMEN DE REPORTE DE ACTIVIDADES DIARIAS DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO - INTERVENCIONES RALIZADAS AL TRIPPER CAR 03														
IT	FECHA INICIO OT	FECHA CIERRE OT	TURNO	PLANTA	TAG EQUIPO	06 DIGITOS EQUIPOS	TEXTO BREVE	TIPO	SEGÚN	N° Tec			Horas	H-H
										Elec	Ayud.	INST		
1.00	5/10/2018	12/10/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-003	052-003	Revisión de motor de desplazamiento lado derecho, falla en el desplazamiento de avance de Tripper Car 03. se dejó operativo.	CORR	NOPROG	2			6.0	10.0
2.00	7/10/2018	12/10/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervencion en Tripper Car 03, falla en el motor de cable flex, el motor no acciona. revision de tablero de fuerza y control.	CORR	NOPROG	2			4.0	10.0
3.00	8/10/2018	12/10/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervencion en freno de motor lado derecho de Tripper Car 03, se realizo megado de motor ya que no accionaba, se dejó operativo, mantenimiento correctivo cambio de frenos.	CORR	NOPROG	2			5.5	10.0
4.00	12/10/2018	12/10/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervencion en Tripper Car 03, mantenimiento de contactor, ajuste de terminales, se dejó operativo, sellado de agujeros tableeros.	CORR	NOPROG	2			4.0	10.0
5.00	16/10/2018	18/10/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervencion en motores de desplazamiento lado izquierdo y mantenimiento a motor de bomba de freno hidráulico, tripper car 5730-TC-0003	CORR	NOPROG	2			4.5	10.0
6.00	17/10/2018	18/10/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervencion en tablero de control Tripper car 5730-TC-0003, falla en reles, se procedió al cambio.	CORR	NOPROG	2			5.0	10.0
7.00	18/10/2018	18/10/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervencion en sistema de instrumentacion, freno hidraulico no activa switch de confirmacion, Tripper car 5730-TC-0003.	CORR	NOPROG	2			5.0	10.0
8.00	19/10/2018	18/10/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervencion en motores de desplazamiento lado izquierdo y mantenimiento a motor de bomba de freno hidráulico, tripper car 5730-TC-0003	CORR	NOPROG	2			5.0	10.0
9.00	25/10/2018	25/10/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervencion en motor; revision de tablero ajuste de borneras, tablero de control, tripper car 5730-TC-0003	CORR	NOPROG	1			3.0	2.0
10.00	7/11/2018	7/11/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervencion en tablero del tripper car 5730-TC-0003	CORR	NOPROG	2			8.0	22.0
11.00	8/11/2018	8/11/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	limpieza, ajuste de terminales y anclaje de mandil del tablero de control del tripper car 5730-TC-0003	CORR	NOPROG	2			5.5	11.0
12.00	10/11/2018	10/11/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	limpieza del tablero de fuerza y control del tripper car 5730-TC-0003	CORR	NOPROG	2			4.0	8.0
13.00	14/11/2018	14/11/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Revisión del motor de bomba hidraulica de freno de Tripper Car 5730-TC-003	CORR	NOPROG	2			2.0	4.0
14.00	23/11/2018	23/11/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervencion en Motores de desplazamiento, Ajustes de Borneras, Revisión de Estado Cable, Limpieza de Tableros, Pruebas Tripper Car 5730-TC-0003	CORR	NOPROG	2			8.0	16.0
15.00	3/12/2018	11/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento correctivo, revision a tablero de tripper car 03.	CORR	NOPROG	1			3.5	3.5
16.00	6/12/2018	11/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Tripper Car 03, motor de cable flex, no avanza en ningun sentido, se detecto contactor dañado.	CORR	NOPROG	1			4.5	3.5
17.00	7/12/2018	11/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento correctivo, falla en sistema de instrumentacion de sistema hidraulico de frenos, de tripper car 03.	CORR	NOPROG	1			5.0	3.5
18.00	9/12/2018	11/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento correctivo, sistema de colision inhabilitado, de tripper car 03.	CORR	NOPROG	1			4.0	3.5
19.00	10/12/2018	11/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento correctivo, falla en contactores, de tripper car 03.	CORR	NOPROG	1			3.5	3.5
20.00	11/12/2018	11/12/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-003	052-003	Tripper Car 03, motor de carrete no avanza en ningun sentido, se extrajo contactor de tripper car 01 y se instaló en tablero de tripper car 03.	CORR	NOPROG	1			4.5	4.5
21.00	17/12/2018	25/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Revisión de circuito de fuerza y control en el tablero del tripper car 5730-TC-003, no llega señal de parada	CORR	NOPROG	2			3.5	6.0
22.00	19/12/2018	25/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Revisión de tablero de control alarma de colision inoperativa, de tripper car 5730-TC-003	CORR	NOPROG	2			4.5	6.0
23.00	22/12/2018	25/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Revisión de circuito de fuerza y control en el tablero, motores de desplazamiento inoperativos, del tripper car 5730-TC-003	CORR	NOPROG	2			3.5	6.0
24.00	25/12/2018	25/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Revisión de motor de bomba hidraulica de frenos, del tripper car 5730-TC-003	CORR	NOPROG	2			4.0	6.0
24.00	29/12/2018	25/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervencion en talero principal, se detecto cables bay paseados, de circuito de control en el tablero del tripper car 5730-TC-003	CORR	NOPROG	2			4.5	6.0
25.00	1/01/2019	1/01/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Amarillado de planos del tripper car 5730-TC-0003	PREV	PROG	2			5.5	6.0
26.00	3/01/2019	3/01/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervencion en tablero, limpieza interior, ajuste de borneras de motor faja tripper car 5730-TC-003	CORR	NOPROG	2			5.0	10.0
27.00	3/01/2019	3/01/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervencion en tablero y motor de bomba de freno hidraulico de tripper car 5730-TC-003	CORR	NOPROG	2			5.5	12.0
28.00	11/01/2019	11/01/2019	NOCHE	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervencion en tablero de control de Tripper car 03, falla en motor de cable flex, se realizó el cambio de contactor	CORR	NOPROG	1			4.5	3.0
29.00	16/01/2019	23/01/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Falla en motor de desplazamiento, lado derecho, no hay desplazamiento en retroceso, Tripper Car 5730-TC-0003	CORR	NOPROG	2			5.0	16.0
29.00	18/01/2019	23/01/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervencion en Motores, Ajustes de Borneras, Revisión de Estado Cable, Limpieza de Tableros, Pruebas Tripper Car 5730-TC-0003	CORR	NOPROG	2			4.0	16.0
29.00	19/01/2019	23/01/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervencion , cable flex dañado, de Tripper Car 5730-TC-0003	CORR	NOPROG	2			3.5	16.0
29.00	23/01/2019	23/01/2019	NOCHE	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervencion en sistema de control se detecto falsa señal de colision, revisión de estado cables y borneras, se detectó sensor dañado, Tripper Car 5730-TC-0003	CORR	NOPROG	2			8.0	16.0
30.00	11/02/2019	11/02/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Revision a tablero de tripper car 03, ajuste de terminales y limpieza de tablero.	CORR	NOPROG	1			5.5	3.5
31.00	14/02/2019	14/02/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervencion en circuito de fuerza y control en el tablero del tripper car 5730-TC-003	CORR	NOPROG	2			4.5	6.0
31.00	14/02/2019	14/02/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervencion en circuito de fuerza y control en el tablero del tripper car 5730-TC-003	CORR	NOPROG	2			3.5	6.0
32.00	3/04/2019	3/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento preventivo, Limpieza de motor y tableros, Ajuste de borneras de motor faja tripper car 5730-TC-003	PREV	PROG	2			2.5	10.0
34.00	8/04/2019	8/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento en motor de cable de freno hidraulico, revision de motor.	CORR	NOPROG	2			3.0	10.0
33.00	11/04/2019	11/04/2019	NOCHE	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento en tablero de control de Tripper car 03.	PREV	PROG	1			3.0	3.0
34.00	12/04/2019	12/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento en motor de cable rel, revision de motor de cable Flex.	CORR	NOPROG	2			3.0	10.0
35.00	18/04/2019	18/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento preventivo: motores de desplazamiento y mantenimiento a motor de bomba de freno hidráulico, tripper car 5730-TC-0003	PREV	PROG	2			2.5	10.0
36.00	25/04/2019	25/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento correctivo, presencia polvo conductivo en contactores, de tablero de motor de desplazamiento, se realiza limpieza de motor, ajuste de borneras, tripper car 5730-TC-0003	CORR	PROG	1			2.0	2.0
36.00	25/04/2019	25/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento preventivo en motor de cable flex; inspección y limpieza de motor, ajuste de borneras, tablero de control, tripper car 5730-TC-0003	PREV	PROG	1			2.0	2.0
37.00	7/05/2019	7/05/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervencion en tablero del tripper car 5730-TC-0003	CORR	NOPROG	2			4.0	22.0
38.00	8/05/2019	8/05/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento preventivo, limpieza, ajuste de terminales y anclaje de mandil del tablero de control del tripper car 5730-TC-0003	PREV	PROG	2			3.5	11.0
39.00	10/05/2019	10/05/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento, limpieza del tablero de fuerza y control del tripper car 5730-TC-0003	PREV	PROG	2			2.5	8.0

PLANTA HPGR Y ZARANDA
PLANTA MAGNÉTICA NUEVA
PLANTA FILTROS NUEVA
PLANTA RELAVES NUEVA

HPGR
MAG
FILT
REL

INDICADORES QUINCENAL				
Tiempo de Operación	Tiempo Total Repar.	Cantidad de fallas	MTTR hrs/falla	MTBF
384.0	22.5	5.0	4.5	76.8
384.0	27.5	5.0	5.5	76.8
360.0	25.0	6.0	4.2	60.0
384.0	20.0	5.0	4.0	76.8
360.0	15.0	3.0	5.0	120.0
384.0	20.5	4.0	5.1	96.0
672.0	13.5	3.0	4.5	224.0
360.0	6.0	2.0	3.0	180.0
384.0	2.0	1.0	2.0	384
240.0	4.0	1.0	4.0	240.0

INDICADORES MENSUAL					
Tiempo de Operación	Tiempo Total Repar.	Cantidad de fallas	MTTR hrs/falla	MTBF	Disponibilidad
720.0	27.5	5.0	5.5	144.0	96.32%
744.0	45.0	11.0	4.1	67.6	94.30%
744.0	35.5	7.0	5.1	106.3	95.45%
672.0	13.5	3.0	4.5	224.0	98.03%
720.0	8.0	3.0	2.7	240.0	98.90%
240.0	4.0	1.0	4.0	240.0	98.36%

RESUMEN DE REPORTE DE ACTIVIDADES DIARIAS DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO - INTERVENCIONES RALIZADAS AL TRIPPER CAR 04														
IT	FECHA INICIO OT	FECHA CIERRE OT	TURNO	PLANTA	TAG EQUIPO	06 DÍGITOS EQUIPOS	TEXTO BREVE	TIPO	SEGÚN	N° Tec			Horas	H-H
										Elec	Ayud.	INST		
1.00	6/10/2018	6/10/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en Tripper Car 04, se revisó cable flexible alimentador del tablero, se reparo el cable quedando operativo	CORR	NOPROG	2			6.0	8.0
2.00	9/10/2018	9/10/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en tablero de Tripper Car 04, se reviso tablero detectandose bobina de contactor dañado, se procedió al cambio.	CORR	NOPROG	2			5.0	8.0
3.00	10/10/2018	10/10/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en sensores de colision, sensor dañado debido a la excesiva polucion, se procedió a realizar el cambio respectivo, quedando operativo	CORR	NOPROG	2			3.0	8.0
3.00	12/10/2018	12/10/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Mantenimiento preventivo en motor de desplazamiento de ambos lados (Lado derecho e izquierdo)	PREV	NOPROG	2			4.0	8.0
4.00	14/10/2018	12/10/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en sensores de desplazamiento, sensor no acciona debido a carrera de freno hidraulico, se dejo operativo	CORR	NOPROG	2			5.0	8.0
5.00	15/10/2018	15/10/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004	Mantenimiento correctivo en Tripper Car 04, freno de motor de desplazamiento lado derecho no abre, se observó falla en tablero de control, se realizó mantenimiento a contactor	CORR	NOPROG	2			5.3	8.0
6.00	19/10/2018	19/10/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en Tripper Car 04, falla en el motor de bomba hidraulica de freno, se detectó excesiva contaminación en el tablero, originando problemas en los contactores.	CORR	NOPROG	2			5.0	8.0
7.00	23/10/2018	23/10/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en Tripper Car 04, recalentamiento de freno de motor de desplazamiento lado derecho, freno pegado, se regresa a condicion de operación.	CORR	NOPROG	2			6.0	8.0
8.00	23/10/2018	23/10/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en Tripper Car 04, falla en freno de motor de desplazamiento lado izquierdo, freno de motor desgastado, se realiza el cambio del mismo.	CORR	NOPROG	2			6.0	8.0
9.00	1/11/2018	1/11/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervencion, inspección y limpieza de motor, ajuste de bomeras, tableros de control, tripper car 5730-TC-0004	CORR	NOPROG	1			4.5	12.0
10.00	5/11/2018	5/11/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervencion en al tablero de control del tripper car 5730-TC-0004	CORR	NOPROG	2			4.0	7.0
11.00	7/11/2018	7/11/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervencion en sistema de control, falla en sensor de freno hidraulico, del tripper car 5730-TC-0004	CORR	NOPROG	2			4.5	7.0
12.00	12/11/2018	12/11/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004	Revisión de circuito de fuerza y control en el tablero, motores de desplazamiento inoperativos, del tripper car 5730-TC-004	CORR	NOPROG	2			5.0	7.0
13.00	17/11/2018	17/11/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervencion en sistema de instrumentacion, switch de confirmacion de sensor de colisionamiento, Tripper car 5730-TC-004	CORR	NOPROG	2			3.0	6.0
14.00	21/11/2018	21/11/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervencion en Tripper Car 04, mantenimiento de contactores, ajuste de terminales, se dejó operativo, sellado de agujeros tableeros.	CORR	NOPROG	2			3.5	7.0
15.00	24/11/2018	24/11/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004	Tripper Car 04, motor de cable flex, no avanza en ningun sentido, se detecto contactor dañado.	CORR	NOPROG	2			4.0	8.0
16.00	27/11/2018	27/11/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervencion en tablero de fuerza y control de motor de bomba hidrulica, Limpieza Sopleteo y Ajustes de Bomes de Conexión en Tripper Car 5740-TC-004	CORR	NOPROG	2			3.5	7.0
17.00	28/11/2018	28/11/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervencion en Tripper Car 5730-TC-004, se encontro cable flex dañado.	CORR	NOPROG	2			4.0	10.0
18.00	30/11/2018	30/11/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Revisión de Tablero y Cambio de Contactor de Tripper Car 5730-TC-004	CORR	NOPROG	2			4.5	6.0
19.00	7/12/2018	7/12/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervencion en Tripper Car No 04, se reviso motor de freno hidraulico	CORR	NOPROG	2			4.5	4.0
20.00	15/12/2018	15/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervencion en Tripper Car No 04, botonera de Stop no acciona, se revisó y se encontro botonera pegada, se realizó el respectivo cambio,	CORR	NOPROG	2			3.0	4.0
21.00	21/12/2018	21/12/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004		CORR	NOPROG	2			3.5	4.0
22.00	25/12/2018	25/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004		CORR	NOPROG	2			4.0	4.0
23.00	30/12/2018	30/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004		CORR	NOPROG	2			4.5	4.0
24.00	22/12/2018	22/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervencion en Tripper Car No 04, sensor de desplazamiento no acciona, se realizó el mantenimiento respectivo	CORR	NOPROG	2			3.5	4.0
25.00	22/12/2018	22/12/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervencion en Tripper Car No 04, sensor de desplazamiento no acciona, se realizó el mantenimiento respectivo	CORR	NOPROG	2			4.5	4.0
26.00	22/12/2018	22/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervencion en Tripper Car No 04, sensor de desplazamiento no acciona, se realizó el mantenimiento respectivo	CORR	NOPROG	2			3.5	4.0
27.00	22/12/2018	22/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervencion en Tripper Car No 04, sensor de desplazamiento no acciona, se realizó el mantenimiento respectivo	CORR	NOPROG	2			4.0	4.0
28.00	1/01/2019	1/01/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Amarillado de planos del tripper car 5730-TC-0004	PREV	PROG	2			5.0	6.0
29.00	4/01/2019	4/01/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Reparación del cable enrollador del tripper car 5730-TC-0004	CORR	NOPROG	2			3.5	5.0
30.00	9/01/2019	9/01/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en sistema de control, switch de retroceso no activda, se realizo el mantenimiento correctivo, 5730-TC-0004	CORR	NOPROG	2			4.5	12.0
31.00	14/01/2019	14/01/2019	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004	Revisión de freno de motor de motor, se observó que freno se quedo pegado. No llega señal de tablero hacia motor, del tripper car 5730-TC-004	CORR	NOPROG	2			5.0	12.0
32.00	18/01/2019	18/01/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Falla en motor de desplazamiento, lado izquierdo, no hay desplazamineto en retroceso, Tripper Car 5730-TC-004	CORR	NOPROG	2			3.5	12.0
33.00	22/01/2019	22/01/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Revisión de tablero de control alarma de colision inoperativa, de tripper car 5730-TC-004	CORR	NOPROG	2			4.0	6.0
34.00	23/01/2019	23/01/2019	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004	Mantenimiento a motor de bomba hidraulica de frenos, del tripper car 5730-TC-004	PREV	PROG	2			4.5	6.0
35.00	26/01/2019	26/01/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Falla en motor de desplazamiento, lado derecho, no hay desplazamineto en retroceso, Tripper Car 5730-TC-0004	CORR	NOPROG	2			4.5	6.0
36.00	29/01/2019	29/01/2019	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervencion en tablero de control de Tripper car 04, cable flex en mal estado, se procedió a reparar con cinta vulcanizante.	CORR	NOPROG	1			4.5	3.0
37.00	4/02/2019	4/02/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervencion en Tripper Car No 04, se reviso freno, el cual se encontro pegado, recalentando al motor, se realizó el megado para verificar correcto estado de aislamiento.	CORR	NOPROG	2			4.0	4.0
38.00	11/02/2019	15/02/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervencion en Tripper Car 04, cambio de contactor, ajuste de terminales, se dejó operativo, sellado de agujeros tableeros.	CORR	NOPROG	2			3.5	4.0
39.00	11/02/2019	15/02/2019	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004	Mantenimiento a motor de bomba de freno hidraulico	PREV	PROG	2			4.0	4.0
40.00	14/02/2019	22/02/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervencion en Tripper Car No 04, se reviso freno de motor, se procedió a revisar el circuito de fuerza y control, quedando operativo.	CORR	NOPROG	2			3.0	4.0
41.00	1/04/2019	1/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Mantenimiento, revision de motor de cable enrollador del tripper car 5730-TC-0004	PREV	PROG	2			3.5	5.0
42.00	3/04/2019	3/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Mantenimiento preventivo, sistema de iinstrumentacion, Limpieza y ajuste de terminalrs, de tripper car 5730-TC-004	PREV	PROG	2			4.5	7.0
43.00	3/04/2019	3/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Mantenimiento preventivo, Limpieza de motor y tableros, Ajuste de bomeras de motor faja tripper car 5730-TC-004	PREV	PROG	2			5.0	7.0
44.00	5/04/2019	5/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Mantenimiento en tablero de motor de bomba hidraulica de freno, pruebas de avance y retroceso del tripper car 5730-TC-0004	CORR	NOPROG	2			3.5	12.0
45.00	29/04/2019	29/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Mantenimiento preventivo, Limpieza de motor y tableros, Ajuste de bomeras de motor faja tripper car 5730-TC-004	PREV	PROG	2			3.5	22.0
46.00	29/04/2019	29/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Mantenimiento Correctivo, switch de freno hidraulico no acciona, limpieza de sensor, 5730-TC-0004	CORR	NOPROG	2			4.5	22.0

INDICADORES QUINCENAL					
Tiempo de Operación	Tiempo Total Repar.	Cantidad de fallas	MTTR hrs/falla	MTBF	Disponibilidad
384.0	17.0	3.0	5.7	128.0	95.76%
360.0	18.0	4.0	4.5	90.0	95.24%
360.0	22.5	6.0	3.8	60.0	94.12%
360.0	15.0	4.0	3.8	90.0	96.00%
384.0	20.0	5.0	4.0	76.8	95.05%
360.0	13.0	3.0	4.3	120.0	96.51%
384.0	16.5	4.0	4.1	96.0	95.88%
672.0	10.5	3.0	3.5	224.0	98.46%
360.0	3.5	1.0	3.5	360.0	99.04%
360.0	4.5	1.0	4.5	360.0	98.77%

INDICADORES MENSUAL					
Tiempo de Operación	Tiempo Total Repar.	Cantidad de fallas	MTTR hrs/falla	MTBF	Disponibilidad
384.0	17.0	3.0	5.7	128.0	95.76%
720.0	40.5	10.0	4.1	72.0	94.67%
744.0	35.0	9.0	3.9	82.7	95.51%
744.0	29.5	7.0	4.2	106.3	96.19%
672.0	10.5	3.0	3.5	224.0	98.46%
720.0	8.0	2.0	4.0	360.0	98.90%

RESUMEN DE REPORTE DE ACTIVIDADES DIARIAS DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO - INTERVENCIONES RALIZADAS AL TRIPPER CAR 04														
IT	FECHA INICIO OT	FECHA CIERRE OT	TURNO	PLANTA	TAG EQUIPO	06 DÍGITOS EQUIPOS	TEXTO BREVE	TIPO	SEGÚN	N° Tec			Horas	H-H
										Elec	Ayud.	INST		
47.00	29/04/2019	29/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Mantenimiento preventivo, limpieza de motor y tableros; ajuste de bornas de motor de tripper car 5730-TC-0004	PREV	PROG	2			3.0	22.0
48.00	1/05/2019	1/05/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Mantenimiento preventivo en motor enrollador de cable flex, inspección y limpieza de motor, ajuste de bornas, tripper car 5730-TC-0004	PREV	PROG	1			12.0	12.0
49.00	11/05/2019	11/05/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Normalizo una falla en el tripper car 4 respecto al STOP	PREV	PROG	2			1.0	2.0

INDICADORES QUINCENAL					
Tiempo de Operación	Tiempo Total Repar.	Cantidad de fallas	MTTR hrs/falla	MTBF	Disponibilidad
360.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00%

INDICADORES MENSUAL					
Tiempo de Operación	Tiempo Total Repar.	Cantidad de fallas	MTTR hrs/falla	MTBF	Disponibilidad
360.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00%

PLANTA HPGR Y ZARANDA HPGR
 PLANTA MAGNÉTICA NUEVA MAG
 PLANTA FILTROS NUEVA FILT
 PLANTA RELAVES NUEVA REL

LISTA DE EQUIPOS - PLANTA HPGR

CIRCUITO I: Planta HPGR

ITEM	DESCRIPCION	TAG	CC	06 DIGITOS	Capacidad Nominal	Unidad
I. ZONA 5730						
1	FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0001	5730-CB-0001	92410	023-001	2100	t/h
2	FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0003	5730-CB-0003	92410	023-003	2100	t/h
3	TRIPPER CAR 5730-TC-0001	5730-TC-0001	92410	052-001	2100	t/h
4	ALIMENTADOR VIBRATORIO 5730-FE-0001	5730-FE-0001	92410	024-001	525	t/h
5	ALIMENTADOR VIBRATORIO 5730-FE-0002	5730-FE-0002	92410	024-002	525	t/h
6	ALIMENTADOR VIBRATORIO 5730-FE-0003	5730-FE-0003	92410	024-003	525	t/h
7	ALIMENTADOR VIBRATORIO 5730-FE-0004	5730-FE-0004	92410	024-004	525	t/h
8	FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0005	5730-CB-0005	92410	023-005	2100	t/h
9	FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0006	5730-CB-0006	92410	023-006	2394	t/h
10	FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0007	5730-CB-0007	92410	023-007	4494	t/h
11	FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0008	5730-CB-0008	92410	023-008	2247	t/h
12	FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0009	5730-CB-0009	92410	023-009	2247	t/h
13	FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0010	5730-CB-0010	92410	023-010	2247	t/h
14	FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0011	5730-CB-0011	92410	023-011	4494	t/h
15	TRIPPER CAR 5730-TC-0003	5730-TC-0003	92410	052-003	4494	t/h
16	HPGR 5730-RP-0001	5730-RP-0001	92410	025-001	2247	t/h
17	HPGR 5730-RP-0002	5730-RP-0002	92410	025-002	2247	t/h
18	HPGR 5730-RP-0003	5730-RP-0003	92410	025-003	2247	t/h
19	DETECTOR DE METAL 5730-MD-0001	5730-MD-0001	92410	365-608		
20	DETECTOR DE METAL 5730-MD-0002	5730-MD-0002	92410	365-609		
21	DETECTOR DE METAL 5730-MD-0003	5730-MD-0003	92410	365-610		
22	TOLVA DE ALIMENTACION DE FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0008	5730-EG-0001	92410	074-002		
23	TOLVA DE ALIMENTACION DE FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0009	5730-EG-0002	92410	074-003		
24	TOLVA DE ALIMENTACION DE FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0010	5730-EG-0003	92410	074-004		
25	FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0012	5730-CB-0012	92410	023-012	4494	t/h
26	FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0013	5730-CB-0013	92410	023-013	4494	t/h
27	TRIPPER CAR 5730-TC-0004	5730-TC-0004	92410	052-004	4494	t/h
28	FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0014	5730-CB-0014	92410	023-014	749	t/h
29	FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0015	5730-CB-0015	92410	023-015	749	t/h
30	FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0016	5730-CB-0016	92410	023-016	749	t/h
31	FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0017	5730-CB-0017	92410	023-017	749	t/h
32	FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0018	5730-CB-0018	92410	023-018	749	t/h
33	FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0019	5730-CB-0019	92410	023-019	749	t/h
34	FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0020	5730-CB-0020	92410	023-020	749	t/h
35	FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0021	5730-CB-0021	92410	023-021	749	t/h
36	FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0022	5730-CB-0022	92410	023-022	2394	t/h
37	ZARANDA VIBRATORIA 5730-SC-0001	5730-SC-0001	92410	216-001	749	t/h
38	ZARANDA VIBRATORIA 5730-SC-0002	5730-SC-0002	92410	216-002	749	t/h
39	ZARANDA VIBRATORIA 5730-SC-0003	5730-SC-0003	92410	216-003	749	t/h
40	ZARANDA VIBRATORIA 5730-SC-0004	5730-SC-0004	92410	216-004	749	t/h
41	ZARANDA VIBRATORIA 5730-SC-0005	5730-SC-0005	92410	216-005	749	t/h
42	ZARANDA VIBRATORIA 5730-SC-0006	5730-SC-0006	92410	216-006	749	t/h
43	ZARANDA VIBRATORIA 5730-SC-0007	5730-SC-0007	92410	216-007	749	t/h

LISTA DE EQUIPOS - PLANTA HPGR

CIRCUITO I: Planta HPGR

ITEM	DESCRIPCION	TAG	CC	06 DIGITOS	Capacidad Nominal	Unidad
I. ZONA 5730						
44	ZARANDA VIBRATORIA 5730-SC-0008	5730-SC-0008	92410	216-008	749	t/h
45	BOMBA DE ALIMENTACION 5730-PU-0001	5730-PU-0001	92410	217-001	1822	m3/h
46	BOMBA DE ALIMENTACION 5730-PU-0002	5730-PU-0002	92410	217-002	1822	m3/h
47	BOMBA DE ALIMENTACION 5730-PU-0003	5730-PU-0003	92410	217-003	1822	m3/h
48	BOMBA DE ALIMENTACION 5730-PU-0004	5730-PU-0004	92410	217-004	1822	m3/h
49	BOMBA SUMIDERO 5730-PU-0005	5730-PU-0005	92410	217-005	20	m3/h
50	BOMBA SUMIDERO 5730-PU-0006	5730-PU-0006	92410	217-006	20	m3/h
51	TOLVA DE ALIMENTACION DE MINERAL PARA FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0014	5730-EG-0004	92410	074-005		
52	TOLVA DE ALIMENTACION DE MINERAL PARA FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0015	5730-EG-0006	92410	074-006		
53	TOLVA DE ALIMENTACION DE MINERAL PARA FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0016	5730-EG-0008	92410	074-007		
54	TOLVA DE ALIMENTACION DE MINERAL PARA FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0017	5730-EG-0010	92410	074-008		
55	TOLVA DE ALIMENTACION DE MINERAL PARA FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0018	5730-EG-0012	92410	074-009		
56	TOLVA DE ALIMENTACION DE MINERAL PARA FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0019	5730-EG-0014	92410	074-010		
57	TOLVA DE ALIMENTACION DE MINERAL PARA FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0020	5730-EG-0016	92410	074-011		
58	TOLVA DE ALIMENTACION DE MINERAL PARA FAJA TRANSPORTADORA 5730-CB-0021	5730-EG-0018	92410	074-012		
59	COLECTOR DE POLVO 5730 - FILTRO DE MANGA	5730-DC-0001	92410	035-001	494160	m3/h

IMPORTANCIA CRITICA DE LOS EQUIPOS

ÍTEM	VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACION	OBSERVACIONES	
1	Efecto sobre el Servicio que proporciona:	Para	4		
		Reduce	2		
		No para	0		
2	Valor Técnico - Económico:				
		Considerar el costo de Adquisición, Operación y Mantenimiento.	Alto	3	Más de U\$ 200,000.00
			Medio	2	
		Bajo	1	Menos de U\$ 10,000.00	
3	La falla Afecta:				
		a. Al Equipo en si	Si	1	Deteriora otros componentes?
			No	0	
		b. Al Servicio	Si	1	Origina problemas a otros equipos?
			No	0	
		c. Al operador:	Riesgo	1	Posibilidad de accidente del operador?
			Sin Riesgo	0	
		d. A la seguridad en general	Si	1	Posibilidad de accidente a otras personas ù otros equipos cercanos.
	No	0			
4	Probabilidad de Falla (Confiabilidad):				
			Alta	2	Se puede asegurar que el equipo va a trabajar correctamente cuando se le necesite?
			baja	0	
5	Flexibilidad del Equipo en el Sistema:				
			Único	2	No existe otro igual o similar
			By pass	1	El sistema puede seguir funcionando.
			Stand by	0	Existe otro igual o similar no instalado
6	Dependencia Logística:				
			Extranjero	2	Repuestos se tienen que importar
			Local/Ext.	1	Algunos repuestos se compran localmente.
		Local	0	Repuestos se consiguen localmente.	
7	Dependencia de la Mano de Obra:				
			Terceros	2	El Mantenimiento requiere contratar a terceros.
			Propia	0	El Mantenimiento se realiza con personal propio.
8	Facilidad de Reparación (Mantenibilidad):				
			Baja	1	Mantenimiento difícil.
			Alta	0	Mantenimiento fácil.

ESCALA DE REFERENCIA		
A	CRITICA	16 a 20
B	IMPORTANTE	11 a 15
C	REGULAR	06 a 10
D	OPCIONAL	00 a 05

Asignar los valores de ponderación calificando al equipo por su incidencia sobre cada variable.

Este paso requiere un buen conocimiento del equipo, su sistema, su operación, su valor, y los daños que podría ocasionar una falla. Obtener el valor ponderado por cada equipo y agruparlas clasificandolas de acuerdo a la escala de referencia y buscando una una distribución sesgo izquierdo, a fin de acercarnos al costo mínimo de la actividad del mantenimiento.

HOJA DE INFORMACION RCM II	SISTEMA / ACTIVO TRIPPER CAR 1		Código de Equipo 5730-TC-001	Realizado Renzo Vargas / Erick Acuña	Fecha 15/01/2019	Hoja N° 1
	SUBSISTEMA / COMPONENTE SISTEMA ELECTRICO.		Modelo	Revisado Erick Acuña	Fecha 20/01/2019	de 3
FUNCION		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTOS DE FALLAS		
1	Abastecer de mineral a silo de almacenamiento a una capacidad de 2100 ton/hr.	A Incapaz de abastecer mineral	1 Motor de faja no gira.	La faja no puede alimentar mineral a silo hasta que el motor quede operativo. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo.		
			2 Rodamientos agarrotados, debido a falta de lubricación, lubricante inapropiado, elevada carga.	Recalentamiento del motor, en lado acople y lado ventilador, esto puede afectar al aislamiento interno del motor. Después de un tiempo determinado para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 10 horas como máximo.		
		B Abastecer mineral a una capacidad menor de 2100 ton/hr	1 Sensores RTD's inoperativos o descalibrados.	Las señales registradas por los RTD's no dan valores reales de la temperatura interior del motor, para revisar el problema se tiene que parar la faja, esto origina que después de un tiempo determinado se reduzca la producción y posteriormente pare. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 4 horas como máximo.		
			2 Bornera de motor recalentada debido a falso contacto, generado por la vibración.	Recalentamiento en los bornes del motor al generarse falsos contactos, después de un tiempo para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo.		

2	Distribuir mineral a cada silo de almacenamiento a una capacidad de 2100 ton/h	A	Incapaz de abastecer mineral	3	Motor de faja para por aislamiento bajo, debido a la sobrecarga de producción el cual genera calentamiento interno de motor	Una de las consecuencias del bajo aislamiento es la elevada carga de producción, el cual va generando pérdida de aislamiento de manera gradual, esto generará que la vida útil del motor sea de menor duración, después de un tiempo determinado para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 12 horas como máximo.
				1	Motor de traslación de Tripper car no gira.	La faja puede alimentar mineral a silo hasta que éste alcance su nivel más alto, luego de ello después de un tiempo determinado para la producción ya que el TC tiene que desplazarse para comenzar a abastecer al segundo silo. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 4 horas como máximo.
				2	Para motor de TC por aislamiento bajo, por falta de lubricación o por sobrecarga de producción.	Una de las causas del bajo aislamiento es la elevada carga de producción, se va generando pérdida de aislamiento de manera gradual, esto generará que la vida útil del motor sea de menor duración, después de un tiempo determinado para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 6 horas como máximo.
				3	Motor de cable reel no gira, debido a aislamiento bajo por falta de lubricación o por obstrucción en su recorrido.	La faja puede alimentar mineral a silo hasta que éste alcance su nivel más alto, luego de ello después de un tiempo determinado parará la producción ya que el TC tiene que desplazarse para comenzar a abastecer al segundo silo. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 4 horas como máximo.
				4	Freno de motor de TC no acciona, debido a desgaste	La faja puede alimentar mineral a silo; al momento de abastecer el T.C. tiene que estar detenido para lo cual se activa el freno de motor eléctrico, mientras este no active por la inercia el TC seguirá avanzando, esto generaría en algún momento una parada del TC al acumularse material en el chute de descarga.

					<p>Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 5 horas como máximo.</p>
				5	<p>Motor de bomba hidráulica (reel clamp) inoperativo.</p>
					<p>El TC no podrá desplazarse ya que no activaran las señales de confirmación de freno abierto, con ello no dará pase a la traslación del TC, Después de un tiempo determinado reducirá la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 4 horas como máximo.</p>
				6	<p>Cable Reel dañado no transmite señal para el arranque o funcionamiento.</p>
					<p>Debido a la excesiva acumulación del mineral, este afecta el correcto envolvimiento del cable, el cual con el transcurrir del tiempo este cable se daña, después de un tiempo determinado se reduce la producción, al no realizarse la intervención cuanto antes, parara la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo.</p>

HOJA DE INFORMACION RCM II	SISTEMA / ACTIVO TRIPPER CAR 1		Código de Equipo 5730-TC-001	Realizado Renzo Vargas / Erick Acuña	Fecha 15/01/2019	Hoja N° 2
	SUBSISTEMA / COMPONENTE SISTEMA INSTRUMENTACIÓN.		Modelo	Revisado Erick Acuña	Fecha 20/01/2019	de 3
FUNCION		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTOS DE FALLAS		
1	Abastecer de mineral a silo de almacenamiento a una capacidad de 2100 ton/hr.	A Incapaz de abastecer mineral	<p>1 Sensor de nivel alto de chute atorado, debido a excesiva acumulación de mineral</p> <p>2 Sensor de desalineamiento de activado.</p> <p>3 Sensor Pull cord activado, debido a la acumulación de mineral, o accionado de manera accidental.</p> <p>4 Sensor de velocidad baja no envía señal</p> <p>5 Limit switch de freno hidráulico no activa.</p>	<p>No se puede alimentar mineral a silo, probablemente el nivel del silo se encuentre al máximo, o el sensor registre una falsa señal debido a la excesiva polución. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo.</p> <p>Problemas debido a la regulación de contrapesos. Después de un tiempo determinado para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo.</p> <p>Debido a la excesiva acumulación de mineral, al caer, éste activa el sensor Pullcord, el cual manda a parar la faja por ende después de un tiempo determinado para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo.</p> <p>La velocidad mínima de operación tiene que ser detectada, para dar condición de carga a la faja, de no ser así no se dará pase a funcionamiento con carga. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo.</p> <p>El freno hidráulico sirve para detener el TC, las pastillas sufren desgaste en cada traslado, este desgaste origina que los topes del freno no accionen el limit switch, por tal motivo se presenta una falla en el sistema eléctrico en donde el permisivo no dará pase para accionar el traslado del TC., después de un tiempo determinado esto puede interrumpir la producción. Tiempo</p>		

2	Distribuir mineral a cada silo de almacenamiento a una capacidad de 2100 ton/h	A	Incapaz de distribuir mineral	<p>1 Freno de motor de pegado.</p> <p>2 Sensor de desalineamiento de faja no envía señal.</p> <p>3 Sensor Pull cord presenta fallas.</p> <p>4 Alarma circulina no envía señal</p> <p>5 Sensor de rotura de faja activado.</p>	<p>aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 2 horas como máximo.</p> <p>Si no se recibe confirmación de desactivación de freno hidráulico el freno de motor eléctrico no se aperturará, en tal sentido al desplazarse el TC puede recalentar el motor, llegándolo a dañar, de no intervenir en el menor tiempo posible, esto ocasionara que después de un tiempo determinado pare la producción .</p> <p>Probablemente el sensor se ha saturado por la elevada polución, después de un tiempo determinado para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo</p> <p>Debido a la excesiva acumulación de mineral, al caer, éste activa el sensor Pull cord, el cual manda a parar la faja por ende después de un tiempo determinado para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo.</p> <p>La distribución del mineral continua sin detenerse no afecta la producción, pero debería de atenderse ya que esta alarma da aviso al personal de operaciones y mantenimiento, para estar alertas a cualquier situación que se pueda presentar cuando el TC funcione.</p> <p>Probablemente se haya roto la faja, o en su defecto el sensor registre una señal inexistente, debido a la excesiva polución de hierro particulado, polvo conductivo, presencia de humedad, etc. después de un tiempo determinado para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio del sensor hasta 3</p>
---	--	---	-------------------------------	---	---

				6	Finales de carrera de colisión, activados en marcha atrás y en marcha adelante.	horas como máximo, de estar rota la faja, será un tiempo de 12 Hrs como máximo. Debido a la acumulación de mineral en los alrededores del sensor, se podría activar el final de carrera o en su defecto podría dañarse, generando después de un tiempo determinado que la producción se reduzca y posteriormente pare.
--	--	--	--	---	---	---

HOJA DE INFORMACION RCM II		SISTEMA / ACTIVO TRIPPER CAR 1		Código de Equipo 5730-TC-001	Realizado Renzo Vargas / Erick Acuña	Fecha 15/01/2019	Hoja N° 3
		SUBSISTEMA / COMPONENTE SISTEMA TABLERO DE FUERZA Y CONTROL		Modelo	Revisado Erick Acuña	Fecha 20/01/2019	de 3
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTOS DE FALLAS	
1	Abastecer de mineral a silo de almacenamiento a una capacidad de 2100 ton/hr.	A	Incapaz de abastecer mineral	1	Tablero de control no envía señal, falla en pulsadores.	La ausencia de señal hace imposible el funcionamiento del Tripper car, no se puede alimentar mineral a silo. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo.	
				2	Tablero de fuerza de Tripper car desenergizado.	La ausencia de tensión hace imposible el funcionamiento del Tripper car, no puede alimentar mineral a silo. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 2 horas como máximo.	
				3	Falla en contacto de interruptores, guardamotor, contactores, borneras de tablero, etc.	Los relés no reciben señal, falso contacto en borneras, guardamotor dañado, no puede alimentar mineral a silo. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 4 horas como máximo.	
				4	Tablero de control principal con excesiva contaminación de mineral conductivo	La excesiva polución en el exterior e interior del tablero hace que con el tiempo se presente fallas en los contactores, esto generar falsos contactos que, de no ser atendidos, pueden dañar al motor. Se abastece mineral de manera intermitente, esto reduce la producción después de un tiempo determinado, de no atender cuanto antes parará la producción.	
2	Distribuir mineral a cada silo de almacenamiento a una capacidad de 2100 ton/h	A	Incapaz de distribuir mineral	1	Tablero de control no envía señal, falla en pulsadores.	No puede alimentar mineral a silo, la ausencia de señal hace imposible el funcionamiento del Tripper car. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo.	

				2	Tablero de fuerza de Tripper car desenergizado.	La ausencia de tensión hace imposible el funcionamiento del Tripper car, no puede alimentar mineral a silo. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 2 horas como máximo.
				3	Falla en contacto de interruptores, guardamotor, contactores, borneras de tablero, etc.	Los relés no reciben señal, falso contacto en borneras, guardamotor dañado, no puede alimentar mineral a silo. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 4 horas como máximo.
				4	Tablero de control principal con excesiva contaminación de mineral conductivo	La excesiva polución en el exterior e interior del tablero hace que con el tiempo se presente fallas en los contactores, esto generar falsos contactos que, de no ser atendidos, pueden dañar al motor. Se abastece mineral de manera intermitente, esto reduce la producción después de un tiempo determinado, de no atender cuanto antes parará la producción.

HOJA DE INFORMACION RCM II		SISTEMA / ACTIVO TRIPPER CAR 3		Código de Equipo 5730-TC-003	Realizado Renzo Vargas / Erick Acuña	Fecha 15/01/2019	Hoja N° 1
		SUBSISTEMA / COMPONENTE SISTEMA ELECTRICO.		Modelo	Revisado Erick Acuña	Fecha 20/01/2019	de 3
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTOS DE FALLAS	
1	Abastecer de mineral a chute de cada HPGR a una capacidad de 2100 ton/hr.	A	Incapaz de abastecer mineral a chute.	1	Motor de faja no gira.	La faja no puede alimentar mineral a cada chute de HPGR hasta que el motor quede operativo. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo.	
				2	Sensores RTD's inoperativos o descalibrados.	Las señales registradas por los RTD's no dan valores reales de la temperatura interior del motor, para revisar el problema se tiene que parar la faja, esto origina que después de un tiempo determinado se reduzca la producción y posteriormente pare. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 4 horas como máximo.	
				3	Bornera de motor recalentada debido a falso contacto, generado por la vibración.	Recalentamiento en los bornes del motor al generarse falsos contactos, después de un tiempo para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo.	
				4	Rodamientos agarrotados, debido a falta de lubricación, lubricante inapropiado, elevada carga.	Recalentamiento del motor, en lado acople y lado ventilador, esto puede afectar al aislamiento interno del motor. Después de un tiempo determinado para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 10 horas como máximo.	
				5	Motor de faja para por aislamiento bajo, debido a la sobrecarga de producción el cual	Una de las consecuencias del bajo aislamiento es la elevada carga de producción, el cual va generando perdida de aislamiento de manera gradual, esto generará que la vida útil del motor sea de menor duración, después de un tiempo	

2	Distribuir mineral a cada uno de los chutes de almacenamiento de los 03 HPGR a una capacidad de 2100 ton/h	A	Incapaz de distribuir mineral a cada chute.	<p>1 genera calentamiento interno de motor</p> <p>2 Motor de traslación de Tripper car no gira.</p> <p>3 Para motor de TC por aislamiento bajo, por falta de lubricación o por sobrecarga de producción.</p> <p>4 Motor de cable reel no gira, debido a aislamiento bajo por falta de lubricación o por obstrucción en su recorrido.</p> <p>5 Freno de motor de TC no acciona, debido a desgaste</p>	<p>determinado para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 12 horas como máximo.</p> <p>La faja puede alimentar mineral a silo hasta que éste alcance su nivel más alto, luego de ello después de un tiempo determinado para la producción ya que el TC tiene que desplazarse para comenzar a abastecer al segundo silo. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 4 horas como máximo.</p> <p>Una de las causas del bajo aislamiento es la elevada carga de producción, se va generando pérdida de aislamiento de manera gradual, esto generará que la vida útil del motor sea de menor duración, después de un tiempo determinado para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 6 horas como máximo.</p> <p>La faja puede alimentar mineral a silo hasta que éste alcance su nivel más alto, luego de ello después de un tiempo determinado parará la producción ya que el TC tiene que desplazarse para comenzar a abastecer al segundo silo. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 4 horas como máximo.</p> <p>La faja puede alimentar mineral al chute de cada uno de los 3 HPGR; al momento de abastecer el T.C. tiene que estar detenido para lo cual se activa el freno de motor eléctrico, mientras este no active por la inercia el TC seguirá avanzando, esto generaría en algún momento una parada del TC al acumularse material en el chute de descarga. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 5 horas como máximo.</p>
---	--	---	---	--	---

				5	Motor de bomba hidráulica (reel clamp) inoperativo.	El TC no podrá desplazarse ya que no activaran las señales de confirmación de freno abierto, con ello no dará pase a la traslación del TC, Después de un tiempo determinado reducirá la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 4 horas como máximo.
				6	Cable Reel dañado no transmite señal para el arranque o funcionamiento.	Debido a la excesiva acumulación del mineral, este afecta el correcto envolvimiento del cable, el cual con el transcurrir del tiempo este cable se daña, después de un tiempo determinado se reduce la producción, al no realizarse la intervención cuanto antes, parara la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo.

HOJA DE INFORMACION RCM II	SISTEMA / ACTIVO TRIPPER CAR 3		Código de Equipo 5730-TC-003	Realizado Renzo Vargas / Erick Acuña	Fecha 15/01/2019	Hoja N° 2
	SUBSISTEMA / COMPONENTE SISTEMA INSTRUMENTACIÓN.		Modelo	Revisado Erick Acuña	Fecha 20/01/2019	de 3
FUNCION		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTOS DE FALLAS		
1	Abastecer de mineral a chute de cada HPGR a una capacidad de 2100 ton/hr.	A Incapaz de abastecer mineral a cada chute de los 03 HPGR	1 Sensor de nivel alto de chute atorado, debido a excesiva acumulación de mineral 2 Sensor de desalineamiento de activado. 3 Sensor Pull cord activado, debido a la acumulación de mineral, o accionado de manera accidental. 4 Sensor de velocidad baja no envía señal 5 Limit switch de freno hidráulico no activa.	No se puede alimentar mineral al chute de cada uno de los 3 HPGR, probablemente el nivel de almacenamiento de chute se encuentre al máximo, o el sensor registre una falsa señal debido a la excesiva polución. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo. Problemas debido a la regulación de contrapesos. Después de un tiempo determinado para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo. Debido a la excesiva acumulación de mineral, al caer, éste activa el sensor Pullcord, el cual manda a parar la faja por ende después de un tiempo determinado para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo. La velocidad mínima de operación tiene que ser detectada, para dar condición de carga a la faja, de no ser así no se dará pase a funcionamiento con carga. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo. El freno hidráulico sirve para detener el TC, las pastillas sufren desgaste en cada traslado, este desgaste origina que los topes del freno no accionen el limit switch, por tal motivo se presenta una falla en el sistema eléctrico en donde el permisivo no dará pase para accionar el traslado del TC., después de un tiempo determinado esto puede interrumpir la producción. Tiempo		

2	Distribuir mineral a cada uno de los chutes de almacenamiento de los 03 HPGR a una capacidad de 2100 ton/h	A	Incapaz de distribuir mineral	<p>1 Freno de motor de pegado.</p> <p>2 Sensor de desalineamiento de faja no envía señal.</p> <p>3 Sensor Pull cord presenta fallas.</p> <p>4 Alarma circulina no envía señal</p> <p>5 Sensor de rotura de faja activado.</p>	<p>aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 2 horas como máximo.</p> <p>Si no se recibe confirmación de desactivación de freno hidráulico el freno de motor eléctrico no se aperturará, en tal sentido al desplazarse el TC puede recalentar el motor, llegándolo a dañar, de no intervenir en el menor tiempo posible, esto ocasionara que después de un tiempo determinado pare la producción</p> <p>Probablemente el sensor se ha saturado por la elevada polución, después de un tiempo determinado para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo</p> <p>Debido a la excesiva acumulación de mineral, al caer, éste activa el sensor Pull cord, el cual manda a parar la faja por ende después de un tiempo determinado para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo.</p> <p>La distribución del mineral continua sin detenerse no afecta la producción, pero debería de atenderse ya que esta alarma da aviso al personal de operaciones y mantenimiento, para estar alertas a cualquier situación que se pueda presentar cuando el TC funcione.</p> <p>Probablemente se haya roto la faja, o en su defecto el sensor registre una señal inexistente, debido a la excesiva polución de hierro particulado, polvo conductivo, presencia de humedad, etc. después de un tiempo determinado para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio del sensor hasta 3</p>
---	--	---	-------------------------------	---	---

				6	Finales de carrera de colisión, activados en marcha atrás y en marcha adelante	horas como máximo, de estar rota la faja, será un tiempo de 12 Hrs como máximo. Debido a la acumulación de mineral en los alrededores del sensor, se podría activar el final de carrera o en su defecto podría dañarse, generando después de un tiempo determinado que la producción se reduzca y posteriormente pare.
--	--	--	--	---	--	---

HOJA DE INFORMACION RCM II		SISTEMA / ACTIVO TRIPPER CAR 3		Código de Equipo 5730-TC-003		Realizado Renzo Vargas / Erick Acuña		Fecha 15/01/2019		Hoja N° 3	
		SUBSISTEMA / COMPONENTE SISTEMA TABLERO DE FUERZA Y CONTROL		Modelo		Revisado Erick Acuña		Fecha 20/01/2019		de 3	
FUNCION			FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA			EFECTOS DE FALLAS			
1	Abastecer de mineral a chute de cada HPGR a una capacidad de 2100 ton/hr.		A	Incapaz de abastecer mineral		1	Tablero de control no envía señal, falla en pulsadores.	La ausencia de señal hace imposible el funcionamiento del Tripper car, no se puede alimentar mineral a cada uno de los chutes de los 03 HPGR. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo.			
						2	Tablero de fuerza de Tripper car desenergizado.	La ausencia de tensión hace imposible el funcionamiento del Tripper car, no puede alimentar mineral a cada uno de los chutes de los 03 HPGR. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 2 horas como máximo.			
						3	Falla en contacto de interruptores, guardamotor, contactores, borneras de tablero, etc.	Los relés no reciben señal, falso contacto en borneras, guardamotor dañado, no puede alimentar mineral a cada uno de los chutes de los 03 HPGR. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 4 horas como máximo.			
						4	Tablero de control principal con excesiva contaminación de mineral conductivo	La excesiva polución en el exterior e interior del tablero hace que con el tiempo se presente fallas en los contactores, esto generar falsos contactos que, de no ser atendidos, pueden dañar al motor. Se abastece mineral de manera intermitente, esto reduce la producción después de un tiempo determinado, de no atender cuanto antes parará la producción.			

HOJA DE INFORMACION RCM II	SISTEMA / ACTIVO TRIPPER CAR 4		Código de Equipo 5730-TC-004	Realizado Renzo Vargas / Erick Acuña	Fecha 15/01/2019	Hoja N° 1
	SUBSISTEMA / COMPONENTE SISTEMA ELECTRICO.		Modelo	Revisado Erick Acuña	Fecha 20/01/2019	de 3
FUNCION		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTOS DE FALLAS		
1	Abastecer de mineral a chute de cada Zaranda a una capacidad de 2100 ton/hr.	A Incapaz de abastecer mineral a chute.	1 Motor de faja no gira. 2 Sensores RTD's inoperativos o descalibrados. 3 Bornera de motor recalentada debido a falso contacto, generado por la vibración. 4 Rodamientos agarrotados, debido a falta de lubricación, lubricante inapropiado, elevada carga. 5 Motor de faja para por aislamiento bajo, debido a la sobrecarga de producción el cual	La faja no puede alimentar mineral a chute de cada una de las 08 zarandas hasta que el motor quede operativo. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo. Las señales registradas por los RTD's no dan valores reales de la temperatura interior del motor, para revisar el problema se tiene que parar la faja, esto origina que después de un tiempo determinado se reduzca la producción y posteriormente pare. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 4 horas como máximo. Recalentamiento en los bornes del motor al generarse falsos contactos, después de un tiempo para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo. Recalentamiento del motor, en lado acople y lado ventilador, esto puede afectar al aislamiento interno del motor. Después de un tiempo determinado para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 10 horas como máximo. Una de las consecuencias del bajo aislamiento es la elevada carga de producción, el cual va generando perdida de aislamiento de manera gradual, esto generará que la vida útil del		

2	Distribuir mineral a cada uno de los chutes de almacenamiento de las 08 zarandas a una capacidad de 2100 ton/h	A	Incapaz de distribuir mineral a cada chute.	<p>1 Motor de traslación de Tripper car no gira.</p> <p>2 Para motor de TC por aislamiento bajo, por falta de lubricación o por sobrecarga de producción.</p> <p>3 Motor de cable reel no gira, debido a aislamiento bajo por falta de lubricación o por obstrucción en su recorrido.</p> <p>4 Freno de motor de TC no acciona, debido a desgaste</p>	<p>genera calentamiento interno de motor</p> <p>motor sea de menor duración, después de un tiempo determinado para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 12 horas como máximo.</p> <p>La faja puede alimentar mineral al chute de cada una de las 08 zarandas hasta que éste alcance su nivel más alto, luego de ello después de un tiempo determinado para la producción ya que el TC tiene que desplazarse para comenzar a abastecer al resto de los chutes. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 4 horas como máximo.</p> <p>Una de las causas del bajo aislamiento es la elevada carga de producción, se va generando pérdida de aislamiento de manera gradual, esto generará que la vida útil del motor sea de menor duración, después de un tiempo determinado para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 6 horas como máximo.</p> <p>La faja puede alimentar mineral al chute de cada una de las 08 zarandas hasta que éste alcance su nivel más alto, luego de ello después de un tiempo determinado parará la producción ya que el TC tiene que desplazarse para comenzar a abastecer al segundo silo. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 4 horas como máximo.</p> <p>La faja puede alimentar mineral al chute de cada una de las 08 zarandas; al momento de abastecer el T.C. tiene que estar detenido para lo cual se activa el freno de motor eléctrico, mientras este no active por la inercia el TC seguirá avanzando, esto generaría en algún momento una parada del TC al acumularse material en el chute de descarga. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 5 horas como máximo.</p>
---	--	---	---	---	--

				5	<p>Motor de bomba hidráulica (reel clamp) inoperativo.</p>	<p>El TC no podrá desplazarse ya que no activaran las señales de confirmación de freno abierto, con ello no dará pase a la traslación del TC, Después de un tiempo determinado reducirá la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 4 horas como máximo.</p>
				6	<p>Cable Reel dañado no transmite señal para el arranque o funcionamiento.</p>	<p>Debido a la excesiva acumulación del mineral, este afecta el correcto envolvimiento del cable, el cual con el transcurrir del tiempo este cable se daña, después de un tiempo determinado se reduce la producción, al no realizarse la intervención cuanto antes, parara la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo.</p>

HOJA DE INFORMACION RCM II		SISTEMA / ACTIVO TRIPPER CAR 4		Código de Equipo 5730-TC-004	Realizado Renzo Vargas / Erick Acuña	Fecha 15/01/2019	Hoja N° 2
		SUBSISTEMA / COMPONENTE SISTEMA INSTRUMENTACIÓN.		Modelo	Revisado Erick Acuña	Fecha 20/01/2019	de 3
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTOS DE FALLAS	
1	Abastecer de mineral a chute de cada Zaranda a una capacidad de 2100 ton/hr.	A	Incapaz de abastecer mineral a cada chute de los 03 HPGR	1	Sensor de nivel alto de chute atorado, debido a excesiva acumulación de mineral	No se puede alimentar mineral a cada chute, probablemente el nivel de almacenamiento de chute se encuentre al máximo, o el sensor registre una falsa señal debido a la excesiva polución. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo.	
				2	Sensor de desalineamiento de activado.	Problemas debido a la regulación de contrapesos. Después de un tiempo determinado para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo.	
				3	Sensor Pull cord activado, debido a la acumulación de mineral, o accionado de manera accidental.	Debido a la excesiva acumulación de mineral, al caer, éste activa el sensor Pullcord, el cual manda a parar la faja por ende después de un tiempo determinado para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo.	
				4	Sensor de velocidad baja no envía señal	La velocidad mínima de operación tiene que ser detectada, para dar condición de carga a la faja, de no ser así no se dará pase a funcionamiento con carga. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo.	
				5	Limit switch de freno hidráulico no activa.	El freno hidráulico sirve para detener el TC, las pastillas sufren desgaste en cada traslado, este desgaste origina que los topes del freno no accionen el limit switch, por tal motivo se presenta una falla en el sistema eléctrico en donde el permisivo no dará pase para accionar el traslado del TC., después de un tiempo determinado esto puede interrumpir la producción. Tiempo	

2	Distribuir mineral a cada uno de los chutes de almacenamiento de las 08 zarandas a una capacidad de 2100 ton/h	A	Incapaz de distribuir mineral	<p>1 Freno de motor de pegado.</p> <p>2 Sensor de desalineamiento de faja no envía señal.</p> <p>3 Sensor Pull cord presenta fallas.</p> <p>4 Alarma circulina no envía señal</p> <p>5 Sensor de rotura de faja activado.</p>	<p>aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 2 horas como máximo.</p> <p>Si no se recibe confirmación de desactivación de freno hidráulico el freno de motor eléctrico no se aperturará, en tal sentido al desplazarse el TC puede recalentar el motor, llegándolo a dañar, de no intervenir en el menor tiempo posible, esto ocasionara que después de un tiempo determinado pare la producción</p> <p>Probablemente el sensor se ha saturado por la elevada polución, después de un tiempo determinado para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo</p> <p>Debido a la excesiva acumulación de mineral, al caer, éste activa el sensor Pull cord, el cual manda a parar la faja por ende después de un tiempo determinado para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo.</p> <p>La distribución del mineral continua sin detenerse no afecta la producción, pero debería de atenderse ya que esta alarma da aviso al personal de operaciones y mantenimiento, para estar alertas a cualquier situación que se pueda presentar cuando el TC funcione.</p> <p>Probablemente se haya roto la faja, o en su defecto el sensor registre una señal inexistente, debido a la excesiva polución de hierro particulado, polvo conductivo, presencia de humedad, etc. después de un tiempo determinado para la producción. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio del sensor hasta 3</p>
---	--	---	-------------------------------	---	---

				6	Finales de carrera de colisión, activados en marcha atrás y en marcha adelante	horas como máximo, de estar rota la faja, será un tiempo de 12 Hrs como máximo. Debido a la acumulación de mineral en los alrededores del sensor, se podría activar el final de carrera o en su defecto podría dañarse, generando después de un tiempo determinado que la producción se reduzca y posteriormente pare.
--	--	--	--	---	--	---

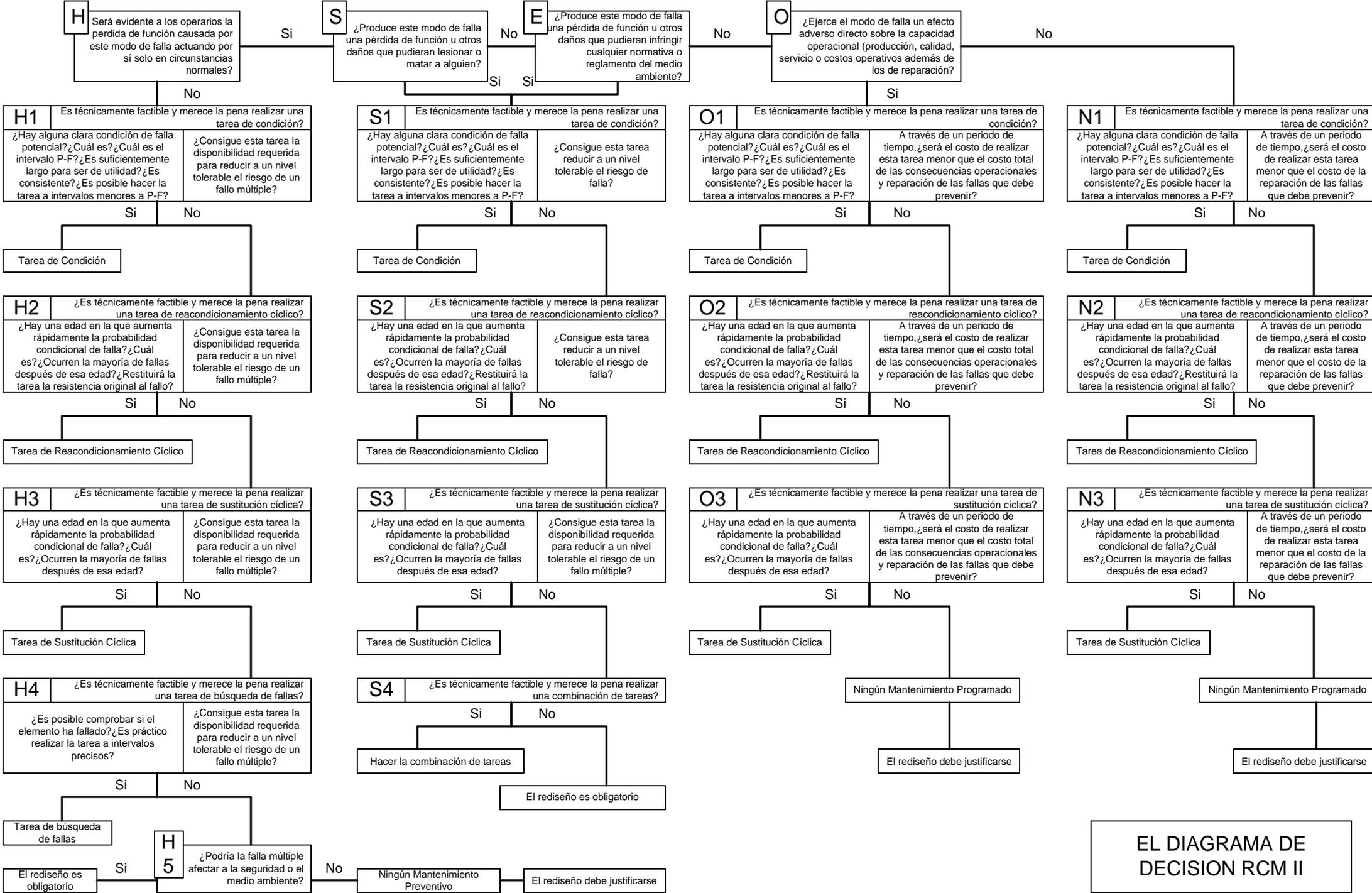
HOJA DE INFORMACION RCM II		SISTEMA / ACTIVO TRIPPER CAR 4		Código de Equipo 5730-TC-004		Realizado Renzo Vargas / Erick Acuña		Fecha 15/01/2019		Hoja N° 3	
		SUBSISTEMA / COMPONENTE SISTEMA TABLERO DE FUERZA Y CONTROL		Modelo		Revisado Erick Acuña		Fecha 20/01/2019		de 3	
FUNCION			FALLA FUNCIONAL			MODO DE FALLA			EFECTOS DE FALLAS		
1	Abastecer de mineral a chute de cada Zaranda a una capacidad de 2100 ton/hr.		A	Incapaz de abastecer mineral		1	Tablero de control no envía señal, falla en pulsadores.		La ausencia de señal hace imposible el funcionamiento del Tripper car, no se puede alimentar mineral a cada uno de los chutes de las 08 zarandas. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 3 horas como máximo.		
						2	Tablero de fuerza de Tripper car desenergizado.		La ausencia de tensión hace imposible el funcionamiento del Tripper car, no puede alimentar mineral a cada uno de los chutes de las 08 zarandas. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 2 horas como máximo.		
						3	Falla en contacto de interruptores, guardamotor, contactores, borneras de tablero, etc.		Los relés no reciben señal, falso contacto en borneras, guardamotor dañado, no puede alimentar mineral a cada uno de los chutes de las 08 zarandas. Tiempo aprox. de revisión y puesta en servicio hasta 4 horas como máximo.		
						4	Tablero de control principal con excesiva contaminación de mineral conductivo		La excesiva polución en el exterior e interior del tablero hace que con el tiempo se presente fallas en los contactores, esto generar falsos contactos que, de no ser atendidos, pueden dañar al motor. Se abastece mineral de manera intermitente, esto reduce la producción después de un tiempo determinado, de no atender cuanto antes parará la producción		

CONSECUENCIAS DE FALLA OCULTA

CONSECUENCIAS PARA LA SEGURIDAD O EL MEDIO AMBIENTE

CONSECUENCIAS OPERACIONALES

CONSECUENCIAS NO OPERACIONALES



EL DIAGRAMA DE DECISION RCM II

HOJA DE DECISIÓN RCM II			SISTEMA TRIPPER CAR 1									Código: 5730-TC-001	Facilitador RenzoVargas	Fecha 15/01/2019	Hoja N° 1	
			SUBSISTEMA SISTEMA ELECTRICO.									Modelo:	Auditor Erick Acuña	Fecha 20/01/2019	de 3	
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de				Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	S						Realizar monitoreo de condición, toma de parámetros tales como Voltaje, Amperaje, Vibración y Temperatura de motor.	2 veces por semana	T. electricista	
		2	S	N	N	S	S						Realizar lubricación de motor según las horas de funcionamiento	Cada 1000 hr	T. electricista.	
	B	1	N				S						Realizar contrastación de RTD's usando el calibrador de procesos Fluke 754, se deberá de verificar los valores con el CCR.	Quincenal	T. Instrumentista.	
		2	N				S						Realizar la limpieza de los bornes del motor, aplicando Limpiacontactos, posteriormente se deberá de realizar el ajuste de los pernos de la bornera aplicando el torqueo según tablas.	1 mes	T. electricista.	
		3	N				S							Realizar medición de resistencia de aislamiento con megometro	Cada 6 meses	T. electricista.
														Realizar monitoreo de condición, toma de parámetros tales como Voltaje, Amperaje, Vibración y Temperatura de motor.	2 veces por semana	T. electricista
Realizar medición de resistencia de bobina con multímetro.	Cada 3 meses	T. electricista.														
2	A	1	S	N	N	S	S						Realizar monitoreo de condición, toma de parámetros tales como Voltaje, Amperaje, Vibración y Temperatura de motor.	2 veces por semana	T. electricista	
		2	N			S							Realizar medición de resistencia de aislamiento con megometro	Cada 6 meses	T. electricista.	
													Realizar medición de resistencia de bobina con multímetro.	Cada 3 meses	T. electricista.	
3	N				S							Realizar medición de resistencia de aislamiento con megometro	Cada 6 meses Cada 3 meses	T. electricista. T. electricista.		

														Realizar medición de resistencia de bobina con multímetro.		
	4	S	N	N	S	N	N	S						Realizar el cambio de freno (pastilla) de motor.	Cada 2 meses	T. electricista.
	5	S	N	N	S	S								Realizar la limpieza de motor	1 vez por semana	T. electricista.
														Realizar monitoreo de condición, toma de parámetros.	1 vez por semana	T. electricista.
														Realizar medición de resistencia de aislamiento con megometro	Cada 6 meses	T. electricista.
														Realizar medición de resistencia de bobina con multímetro.	Cada 3 meses	T. electricista.
	6	S	N	N	S	S								Realizar limpieza de cable, verificando que no exista mineral atrapado al momento de enrollarse en la bobina.	1 vez por mes	T. electricista.
														Realizar limpieza de zona donde sienta el cable al momento de desenrollarse, generalmente es donde se acumula el mineral, el cual daña a la chaqueta del cable.	1 vez por semana	T. electricista.

HOJA DE DECISIÓN RCM II			SISTEMA TRIPPER CAR 1									Código: 5730-TC-001		Facilitador Renzo Vargas		Fecha 15/01/2019		Hoja N° 2		
			SUBSISTEMA SISTEMA INSTRUMENTACION.									Modelo:		Auditor Erick Acuña		Fecha 20/01/2019		de 3		
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de			Tarea Propuesta				Intervalo Inicial		A realizarse por	
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4								
1	A	1	S	N	N	S	S							Realizar limpieza exterior de sensor, también se debe de revisar los bornes de conexión, para evitar falsos contactos.	2 meses	T. Instrumentista				
															Realizar pruebas de funcionamiento.	4 meses	T. Instrumentista			
		2	S	N	N	S	S							Realizar limpieza exterior de sensor, también se debe de revisar regular la posición para evitar falsos registros.	2 meses	T. Instrumentista				
		3	S	N	N	S	S								Realizar limpieza de sensor, también se debe de revisar los bornes de conexión, para evitar falsos contactos.	2 meses	T. Instrumentista			
															Realizar limpieza de estructura que se encuentra en el perímetro para evitar accionamientos por caída de mineral acumulado.	4 meses	T. Instrumentista			
4	S	N	N	S	S								Realizar limpieza de sensor, también se debe de revisar los bornes de conexión, para evitar falsos contactos.	2 meses	T. Instrumentista					
5	S	N	N	S	S								Realizar limpieza de sensor, también se debe de revisar los bornes de conexión, para evitar falsos contactos.	1 mes	T. Instrumentista					
													Realizar regulación de freno hidráulico, según se desgaste.	3 semanas	T. Instrumentista					
2	A	1	S	N	N	S	S						Realizar limpieza de switch que da confirmación para la apertura del freno.	1 mes	T. Instrumentista					
														3 semanas	T. Instrumentista					

														Realizar limpieza de bornes de conexión de motor, para evitar falsos contactos		
		2	S	N	N	S	S							Realizar limpieza exterior de sensor, también se debe de revisar regular la posición para evitar falsos registros.	2 meses	T. Instrumentista
		3	S	N	N	S	S							Realizar limpieza de sensor, también se debe de revisar los bornes de conexión, para evitar falsos contactos.	2 meses	T. Instrumentista
														Realizar limpieza de estructura que se encuentra en el perímetro para evitar accionamientos por caída de mineral acumulado.	4 meses	T. Instrumentista
		4	S	N	N	N	N	N	S					Cambio de circulina.	Cuando falle	T. Instrumentista
		5	S	S			S							Realizar limpieza de sensor, también se debe de revisar los bornes de conexión, para evitar falsos contactos.	2 meses	T. Instrumentista
		6	S	N	N	S	S							Realizar limpieza de sensor, también se debe de revisar los bornes de conexión, para evitar falsos contactos.	2 meses	T. Instrumentista

Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por	
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	S						Realizar limpieza exterior de tablero, verificando el correcto funcionamiento de los pulsadores.	1 semana	T. Electricista	
														Realizar el cambio de pulsadores.	4 meses	T. Electricista
		2	S	N	N	S	S							Realizar inspección de cables de alimentación	2 meses	T. Electricista
														Realizar mantenimiento a gabinetes dentro de MCC.	4 meses	T. Electricista
														Realizar el megado de cables	4 meses	T. Electricista
		3	S	N	N	S	S							Realizar limpieza de interruptor principal, contactores, borneras, accesorios de protección, etc; realizar el ajuste de terminales de conexión de los	1 mes	T. Electricista
		4	S	N	N	S	S							Realizar limpieza exterior e interior de tablero.	1 mes	T. Electricista
		5	N				N	N	S					Realizar el cambio de cable de aterramiento.	1 año	T. Electricista

HOJA DE DECISIÓN RCM II	SISTEMA	Código:	Facilitador	Fecha	Hoja N°
	TRIPPER CAR 1	5730-TC-001	Renzo Vargas	15/01/2019	3
	SUBSISTEMA	Modelo:	Auditor	Fecha	de
	SISTEMA TABLERO DE FUERZA Y CONTROL.		Erick Acuña	20/01/2019	3

HOJA DE DECISIÓN RCM II			SISTEMA TRIPPER CAR 3									Código: 5730-TC-003	Facilitador RenzoVargas	Fecha 15/01/2019	Hoja N° 1	
			SUBSISTEMA SISTEMA ELECTRICO.									Modelo:	Auditor Erick Acuña	Fecha 20/01/2019	de 3	
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acción a falta de				Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	S						Realizar monitoreo de condición, toma de parámetros tales como Voltaje, Amperaje, Vibración y Temperatura de motor.	2 veces por semana	T. electricista	
		2	S	N	N	S	S						Realizar lubricación de motor según las horas de funcionamiento	Cada 1000 hr	T. electricista.	
	B	1	N				S						Realizar contrastación de RTD's usando el calibrador de procesos Fluke 754, se deberá de verificar los valores con el CCR.	Quincenal	T. Instrumentista.	
		2	N				S						Realizar la limpieza de los bornes del motor, aplicando Limpiacontactos, posteriormente se deberá de realizar el ajuste de los pernos de la bornera aplicando el torqueo según tablas.	1 mes	T. electricista.	
		3	N				S						Realizar medición de resistencia de aislamiento con megometro	Cada 6 meses	T. electricista.	
		3	N				S						Realizar medición de resistencia de bobina con multímetro.	Cada 3 meses	T. electricista.	
	2	A	1	S	N	N	S	S						Realizar monitoreo de condición, toma de parámetros tales como Voltaje, Amperaje, Vibración y Temperatura de motor.	2 veces por semana	T. electricista
			2	N				S						Realizar medición de resistencia de aislamiento con megometro Realizar medición de resistencia de bobina con multímetro.	Cada 6 meses Cada 3 meses	T. electricista. T. electricista.
3			N				S						Realizar medición de resistencia de aislamiento con megometro Realizar medición de resistencia de bobina con multímetro.	Cada 6 meses Cada 3 meses	T. electricista. T. electricista.	
4			S	N	N	S	N	N	S				Realizar el cambio de freno (pastilla) de motor.	Cada 2 meses	T. electricista.	

		5	S	N	N	S	S						Realizar la limpieza de motor	1 vez por semana	T. electricista.
													Realizar monitoreo de condición, toma de parámetros.	1 vez por semana	T. electricista.
													Realizar medición de resistencia de aislamiento con megometro	Cada 6 meses	T. electricista.
													Realizar medición de resistencia de bobina con multímetro.	Cada 3 meses	T. electricista.
		6	S	N	N	S	S						Realizar limpieza de cable, verificando que no exista mineral atrapado al momento de enrollarse en la bobina.	1 vez por mes	T. electricista.
													Realizar limpieza de zona donde sienta el cable al momento de desenrollarse, generalmente es donde se acumula el mineral, el cual daña a la chaqueta del cable.	1 vez por semana	T. electricista.

Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por		
										H4	H5	S4					
1	A	1	S	N	N	S	S						Realizar limpieza exterior de sensor, también se debe de revisar los bornes de conexión, para evitar falsos contactos.	2 meses	T. Instrumentista		
														Realizar pruebas de funcionamiento.	4 meses	T. Instrumentista	
		2	S	N	N	S	S							Realizar limpieza exterior de sensor, también se debe de revisar regular la posición para evitar falsos registros.	2 meses	T. Instrumentista	
															Realizar limpieza de sensor, también se debe de revisar los bornes de conexión, para evitar falsos contactos.	2 meses	T. Instrumentista
		3	S	N	N	S	S								Realizar limpieza de estructura que se encuentra en el perímetro para evitar accionamientos por caída de mineral acumulado.	4 meses	T. Instrumentista
															Realizar limpieza de sensor, también se debe de revisar los bornes de conexión, para evitar falsos contactos.	2 meses	T. Instrumentista
4	S	N	N	S	S								Realizar limpieza de sensor, también se debe de revisar los bornes de conexión, para evitar falsos contactos.	1 mes	T. Instrumentista		
													Realizar regulación de freno hidráulico, según se desgaste.	3 semanas	T. Instrumentista		
2	A	1	S	N	N	S	S						Realizar limpieza de switch que da confirmación para la apertura del freno.	1 mes	T. Instrumentista		
														Realizar limpieza de bornes de conexión de motor, para evitar falsos contactos	3 semanas	T. Instrumentista	

HOJA DE DECISIÓN RCM II	SISTEMA	Código:	Facilitador	Fecha	Hoja N°
	TRIPPER CAR 1	5730-TC-003	Renzo Vargas	15/01/2019	2
	SUBSISTEMA	Modelo:	Auditor	Fecha	de
	SISTEMA INSTRUMENTACION.		Erick Acuña	20/01/2019	3

		2	S	N	N	S	S						Realizar limpieza exterior de sensor, también se debe de revisar regular la posición para evitar falsos registros.	2 meses	T. Instrumentista
		3	S	N	N	S	S						Realizar limpieza de sensor, también se debe de revisar los bornes de conexión, para evitar falsos contactos.	2 meses	T. Instrumentista
													Realizar limpieza de estructura que se encuentra en el perímetro para evitar accionamientos por caída de mineral acumulado.	4 meses	T. Instrumentista
		4	S	N	N	N	N	N	S				Cambio de circulina.	Cuando falle	T. Instrumentista
		5	S	S			S						Realizar limpieza de sensor, también se debe de revisar los bornes de conexión, para evitar falsos contactos.	2 meses	T. Instrumentista
		6	S	N	N	S	S						Realizar limpieza de sensor, también se debe de revisar los bornes de conexión, para evitar falsos contactos.	2 meses	T. Instrumentista

Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por	
																F
1	A	1	S	N	N	S	S						Realizar limpieza exterior de tablero, verificando el correcto funcionamiento de los pulsadores.	1 semana	T. Electricista	
														Realizar el cambio de pulsadores.	4 meses	T. Electricista
		2	S	N	N	S	S							Realizar inspección de cables de alimentación	2 meses	T. Electricista
														Realizar mantenimiento a gabinetes dentro de MCC.	4 meses	T. Electricista
														Realizar el megado de cables	4 meses	T. Electricista
		3	S	N	N	S	S							Realizar limpieza de interruptor principal, contactores, borneras, accesorios de protección, etc; realizar el ajuste de terminales de conexión de los	1 mes	T. Electricista
4	S	N	N	S	S							Realizar limpieza exterior e interior de tablero.	1 mes	T. Electricista		
5	N					N	N	S					Realizar el cambio de cable de aterramiento.	1 año	T. Electricista	

HOJA DE DECISIÓN RCM II	SISTEMA TRIPPER CAR 3				Código: 5730-TC-003	Facilitador Renzo Vargas	Fecha 15/01/2019	Hoja N° 3
	SUBSISTEMA SISTEMA TABLERO DE FUERZA Y CONTROL.				Modelo:	Auditor Erick Acuña	Fecha 20/01/2019	de 3

HOJA DE DECISIÓN RCM II			SISTEMA TRIPPER CAR 4									Código: 5730-TC-004	Facilitador RenzoVargas	Fecha 15/01/2019	Hoja N° 1	
			SUBSISTEMA SISTEMA ELECTRICO.									Modelo:	Auditor Erick Acuña	Fecha 20/01/2019	de 3	
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acción a falta de				Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	S						Realizar monitoreo de condición, toma de parámetros tales como Voltaje, Amperaje, Vibración y Temperatura de motor.	2 veces por semana	T. electricista	
		2	S	N	N	S	S						Realizar lubricación de motor según las horas de funcionamiento	Cada 1000 hr	T. electricista.	
	B	1	N				S						Realizar contrastación de RTD's usando el calibrador de procesos Fluke 754, se deberá de verificar los valores con el CCR.	Quincenal	T. Instrumentista.	
		2	N				S						Realizar la limpieza de los bornes del motor, aplicando Limpiacontactos, posteriormente se deberá de realizar el ajuste de los pernos de la bornera aplicando el torqueo según tablas.	1 mes	T. electricista.	
		3	N				S						Realizar medición de resistencia de aislamiento con megometro	Cada 6 meses	T. electricista.	
		3	N				S						Realizar medición de resistencia de bobina con multímetro.	Cada 3 meses	T. electricista.	
	2	A	1	S	N	N	S	S					Realizar monitoreo de condición, toma de parámetros tales como Voltaje, Amperaje, Vibración y Temperatura de motor.	2 veces por semana	T. electricista	
2			N				S					Realizar medición de resistencia de aislamiento con megometro Realizar medición de resistencia de bobina con multímetro.	Cada 6 meses Cada 3 meses	T. electricista. T. electricista.		
3			N				S					Realizar medición de resistencia de aislamiento con megometro Realizar medición de resistencia de bobina con multímetro.	Cada 6 meses Cada 3 meses	T. electricista. T. electricista.		
4		S	N	N	S	N	N	S				Realizar el cambio de freno (pastilla) de motor.	Cada 2 meses	T. electricista.		

		5	S	N	N	S	S						Realizar la limpieza de motor	1 vez por semana	T. electricista.
													Realizar monitoreo de condición, toma de parámetros.	1 vez por semana	T. electricista.
													Realizar medición de resistencia de aislamiento con megometro	Cada 6 meses	T. electricista.
													Realizar medición de resistencia de bobina con multímetro.	Cada 3 meses	T. electricista.
		6	S	N	N	S	S						Realizar limpieza de cable, verificando que no exista mineral atrapado al momento de enrollarse en la bobina.	1 vez por mes	T. electricista.
													Realizar limpieza de zona donde sienta el cable al momento de desenrollarse, generalmente es donde se acumula el mineral, el cual daña a la chaqueta del cable.	1 vez por semana	T. electricista.

Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por		
										H4	H5	S4					
1	A	1	S	N	N	S	S						Realizar limpieza exterior de sensor, también se debe de revisar los bornes de conexión, para evitar falsos contactos.	2 meses	T. Instrumentista		
														Realizar pruebas de funcionamiento.	4 meses	T. Instrumentista	
		2	S	N	N	S	S							Realizar limpieza exterior de sensor, también se debe de revisar regular la posición para evitar falsos registros.	2 meses	T. Instrumentista	
															Realizar limpieza de sensor, también se debe de revisar los bornes de conexión, para evitar falsos contactos.	2 meses	T. Instrumentista
		3	S	N	N	S	S								Realizar limpieza de estructura que se encuentra en el perímetro para evitar accionamientos por caída de mineral acumulado.	4 meses	T. Instrumentista
															Realizar limpieza de sensor, también se debe de revisar los bornes de conexión, para evitar falsos contactos.	2 meses	T. Instrumentista
4	S	N	N	S	S								Realizar limpieza de sensor, también se debe de revisar los bornes de conexión, para evitar falsos contactos.	1 mes	T. Instrumentista		
													Realizar regulación de freno hidráulico, según se desgaste.	3 semanas	T. Instrumentista		
2	A	1	S	N	N	S	S						Realizar limpieza de switch que da confirmación para la apertura del freno.	1 mes	T. Instrumentista		
														Realizar limpieza de bornes de conexión de motor, para evitar falsos contactos	3 semanas	T. Instrumentista	

HOJA DE DECISIÓN RCM II	SISTEMA	Código:	Facilitador	Fecha	Hoja N°
	TRIPPER CAR 4	5730-TC-004	Renzo Vargas	15/01/2019	2
	SUBSISTEMA	Modelo:	Auditor	Fecha	de
	SISTEMA INSTRUMENTACION.		Erick Acuña	20/01/2019	3

		2	S	N	N	S	S						Realizar limpieza exterior de sensor, también se debe de revisar regular la posición para evitar falsos registros.	2 meses	T. Instrumentista
		3	S	N	N	S	S						Realizar limpieza de sensor, también se debe de revisar los bornes de conexión, para evitar falsos contactos.	2 meses	T. Instrumentista
													Realizar limpieza de estructura que se encuentra en el perímetro para evitar accionamientos por caída de mineral acumulado.	4 meses	T. Instrumentista
		4	S	N	N	N	N	N	S				Cambio de circulina.	Cuando falle	T. Instrumentista
		5	S	S			S						Realizar limpieza de sensor, también se debe de revisar los bornes de conexión, para evitar falsos contactos.	2 meses	T. Instrumentista
		6	S	N	N	S	S						Realizar limpieza de sensor, también se debe de revisar los bornes de conexión, para evitar falsos contactos.	2 meses	T. Instrumentista

Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por	
																F
1	A	1	S	N	N	S	S						Realizar limpieza exterior de tablero, verificando el correcto funcionamiento de los pulsadores.	1 semana	T. Electricista	
														Realizar el cambio de pulsadores.	4 meses	T. Electricista
		2	S	N	N	S	S							Realizar inspección de cables de alimentación	2 meses	T. Electricista
														Realizar mantenimiento a gabinetes dentro de MCC.	4 meses	T. Electricista
														Realizar el megado de cables	4 meses	T. Electricista
		3	S	N	N	S	S							Realizar limpieza de interruptor principal, contactores, borneras, accesorios de protección, etc; realizar el ajuste de terminales de conexión de los	1 mes	T. Electricista
4	S	N	N	S	S							Realizar limpieza exterior e interior de tablero.	1 mes	T. Electricista		
5	N					N	N	S					Realizar el cambio de cable de aterramiento.	1 año	T. Electricista	

HOJA DE DECISIÓN RCM II	SISTEMA	Código:	Facilitador	Fecha	Hoja N°
	TRIPPER CAR 4	5730-TC-004	Renzo Vargas	15/01/2019	3
	SUBSISTEMA	Modelo:	Auditor	Fecha	de
	SISTEMA TABLERO DE FUERZA Y CONTROL.		Erick Acuña	20/01/2019	3

RESUMEN DE REPORTE DE ACTIVIDADES DIARIAS DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO - INTERVENCIONES REALIZADAS AL TRIPPER CAR 03														
IT	FECHA INICIO OT	FECHA CIERRE OT	TURNOS	PLANTA	TAG EQUIPO	06 DÍGITOS EQUIPOS	TEXTO BREVE	TIPO	SEGUN	N° Tec			Horas	H-H
										Elec.	Apud.	INST		
1.00	5/10/2018	12/10/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-003	052-003	Revisión de motor de desplazamiento lado derecho, falla en el desplazamiento de avance de Tripper Car 03, se dejó operativo.	CORR	NOPROG	2			6.0	10.0
2.00	7/10/2018	12/10/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervención en Tripper Car 03, falla en el motor de cable flex, el motor no acciona. revisión de tablero de fuerza y control.	CORR	NOPROG	2			4.0	10.0
3.00	8/10/2018	12/10/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervención en freno de motor lado derecho de Tripper Car 03, se realizó megado de motor ya que no accionaba, se dejó operativo, mantenimiento correctivo cambio de frenos.	CORR	NOPROG	2			5.5	10.0
4.00	12/10/2018	12/10/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervención en Tripper Car 03, mantenimiento de contactor, ajuste de terminales, se dejó operativo, sellado de agujeros tableros.	CORR	NOPROG	2			4.0	10.0
5.00	16/10/2018	18/10/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervención en motores de desplazamiento lado izquierdo y mantenimiento a motor de bomba de freno hidráulico, tripper car 5730-TC-0003	CORR	NOPROG	2			4.5	10.0
6.00	17/10/2018	18/10/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervención en tablero de control Tripper car 5730-TC-0003, falla en reles, se procedió al cambio.	CORR	NOPROG	2			5.0	10.0
7.00	18/10/2018	18/10/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervención en sistema de instrumentación, freno hidráulico no activa switch de confirmación, Tripper car 5730-TC-0003.	CORR	NOPROG	2			5.0	10.0
8.00	19/10/2018	18/10/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervención en motores de desplazamiento lado izquierdo y mantenimiento a motor de bomba de freno hidráulico, tripper car 5730-TC-0003	CORR	NOPROG	2			5.0	10.0
9.00	25/10/2018	25/10/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervención en motor, revisión de tablero ajuste de bornas, tablero de control, tripper car 5730-TC-0003	CORR	NOPROG	1			3.0	2.0
10.00	7/11/2018	7/11/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervención en tablero del tripper car 5730-TC-0003	CORR	NOPROG	2			8.0	22.0
11.00	8/11/2018	8/11/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	limpieza, ajuste de terminales y anclaje de mandil del tablero de control del tripper car 5730-TC-0003	CORR	NOPROG	2			5.5	11.0
12.00	10/11/2018	10/11/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	limpieza del tablero de fuerza y control del tripper car 5730-TC-0003	CORR	NOPROG	2			4.0	8.0
13.00	14/11/2018	14/11/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Revisión del motor de bomba hidráulica de freno de Tripper Car 5730-TC-003	CORR	NOPROG	2			2.0	4.0
14.00	23/11/2018	23/11/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervención en Motores de desplazamiento, Ajustes de Bornas, Revisión de Estado Cable, Limpieza de Tableros, Pruebas Tripper Car 5730-TC-0003	CORR	NOPROG	2			8.0	16.0
15.00	3/12/2018	11/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento correctivo, revisión a tablero de tripper car 03.	CORR	NOPROG	1			3.5	3.5
16.00	6/12/2018	11/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Tripper Car 03, motor de cable flex, no avanza en ningún sentido, se detectó contactor dañado.	CORR	NOPROG	1			4.5	3.5
17.00	7/12/2018	11/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento correctivo, falla en sistema de instrumentación de sistema hidráulico de frenos, de tripper car 03.	CORR	NOPROG	1			5.0	3.5
18.00	9/12/2018	11/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento correctivo, sistema de colisión inhabilitado, de tripper car 03.	CORR	NOPROG	1			4.0	3.5
19.00	10/12/2018	11/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento correctivo, falla en contactores, de tripper car 03.	CORR	NOPROG	1			3.5	3.5
20.00	11/12/2018	11/12/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-003	052-003	Tripper Car 03, motor de carrete no avanza en ningún sentido, se extrajo contactor de tripper car 01 y se instaló en tablero de tripper car 03.	CORR	NOPROG	1			4.5	4.5
21.00	17/12/2018	25/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Revisión de circuito de fuerza y control en el tablero del tripper car 5730-TC-003, no llega señal de parada	CORR	NOPROG	2			3.5	6.0
22.00	19/12/2018	25/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Revisión de tablero de control alarma de colisión inoperativa, de tripper car 5730-TC-003	CORR	NOPROG	2			4.5	6.0
23.00	22/12/2018	25/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Revisión de circuito de fuerza y control en el tablero, motores de desplazamiento inoperativos, del tripper car 5730-TC-003	CORR	NOPROG	2			3.5	6.0
24.00	25/12/2018	25/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Revisión de motor de bomba hidráulica de frenos, del tripper car 5730-TC-003	CORR	NOPROG	2			4.0	6.0
24.00	29/12/2018	25/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervención en talero principal, se detectó cables bay pasados, de circuito de control en el tablero del tripper car 5730-TC-003	CORR	NOPROG	2			4.5	6.0
25.00	1/01/2019	1/01/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Amarillado de planos del tripper car 5730-TC-0003	PREV	PROG	2			5.5	6.0
26.00	3/01/2019	3/01/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervención en tablero, limpieza interior, ajuste de bornas de motor faja tripper car 5730-TC-003	CORR	NOPROG	2			5.0	10.0
27.00	3/01/2019	3/01/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervención en tablero y motor de bomba de freno hidráulico de tripper car 5730-TC-003	CORR	NOPROG	2			5.5	12.0
28.00	11/01/2019	11/01/2019	NOCHE	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervención en tablero de control de Tripper Car 03, falla en motor de cable flex, se realizó el cambio de contactor	CORR	NOPROG	1			4.5	3.0
29.00	16/01/2019	23/01/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Falla en motor de desplazamiento, lado derecho, no hay desplazamiento en retroceso, Tripper Car 5730-TC-0003	CORR	NOPROG	2			5.0	16.0
29.00	18/01/2019	23/01/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervención en Motores, Ajustes de Bornas, Revisión de Estado Cable, Limpieza de Tableros, Pruebas Tripper Car 5730-TC-0003	CORR	NOPROG	2			4.0	16.0
29.00	19/01/2019	23/01/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervención en cable flex dañado, de Tripper Car 5730-TC-0003	CORR	NOPROG	2			3.5	16.0
29.00	23/01/2019	23/01/2019	NOCHE	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervención en sistema de control se detectó falsa señal de colisión, revisión de estado cables y bornas, se detectó sensor dañado, Tripper Car 5730-TC-0003	CORR	NOPROG	2			8.0	16.0
30.00	11/02/2019	11/02/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Revisión a tablero de tripper car 03, ajuste de terminales y limpieza de tablero.	CORR	NOPROG	1			5.5	3.5
31.00	14/02/2019	14/02/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervención en circuito de fuerza y control en el tablero del tripper car 5730-TC-003	CORR	NOPROG	2			4.5	6.0
31.00	14/02/2019	14/02/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervención en circuito de fuerza y control en el tablero del tripper car 5730-TC-003	CORR	NOPROG	2			3.5	6.0
32.00	3/04/2019	3/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento preventivo, Limpieza de motor y tableros, Ajuste de bornas de motor faja tripper car 5730-TC-003	PREV	PROG	2			2.5	10.0
34.00	8/04/2019	8/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento en motor de cable de freno hidráulico, revisión de motor.	CORR	NOPROG	2			3.0	10.0
33.00	11/04/2019	11/04/2019	NOCHE	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento en tablero de control de Tripper car 03.	PREV	PROG	1			3.0	3.0
34.00	12/04/2019	12/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento en motor de cable rel, revisión de motor de cable Flex.	CORR	NOPROG	2			3.0	10.0
35.00	18/04/2019	18/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento preventivo, motores de desplazamiento y mantenimiento a motor de bomba de freno hidráulico, tripper car 5730-TC-0003	PREV	PROG	2			2.5	10.0
36.00	25/04/2019	25/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento correctivo, presencia polvo conductor en contactores, de tablero de motor de desplazamiento, se realiza limpieza de motor, ajuste de bornas, tripper car 5730-TC-0003	CORR	PROG	1			2.0	2.0
36.00	25/04/2019	25/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento preventivo en motor de cable flex; inspección y limpieza de motor.	PREV	PROG	1			2.0	2.0
37.00	7/05/2019	7/05/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Intervención en tablero del tripper car 5730-TC-0003	CORR	NOPROG	2			4.0	22.0
38.00	8/05/2019	8/05/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento preventivo, limpieza, ajuste de terminales y anclaje de mandil del tablero de control del tripper car 5730-TC-0003	PREV	PROG	2			3.5	11.0
39.00	10/05/2019	10/05/2019	DIA	HPGR	5730-TC-003	052-003	Mantenimiento, limpieza del tablero de fuerza y control del tripper car 5730-TC-0003	PREV	PROG	2			2.5	8.0

PLANTA HPGR Y ZARANDA
 PLANTA MAGNÉTICA NUEVA
 PLANTA FILTROS NUEVA
 PLANTA RELAVES NUEVA

HPGR
 MAG
 FLT
 REL

INDICADORES QUINCENAL					
Tiempo de Operación	Tiempo Total Repar.	Cantidad de fallas	MTTR hrs/falla	MTBF	
360.0	19.5	4.0	4.9	90.0	
384.0	22.5	5.0	4.5	76.8	
384.0	27.5	5.0	5.5	76.8	
360.0	25.0	6.0	4.2	60.0	
384.0	20.0	5.0	4.0	76.8	
360.0	15.0	3.0	5.0	120.0	
384.0	20.5	4.0	5.1	96.0	
672.0	13.5	3.0	4.5	224.0	
360.0	6.0	2.0	3.0	180.0	
384.0	2.0	1.0	2.0	384	
240.0	4.0	1.0	4.0	240.0	

INDICADORES MENSUAL					
Tiempo de Operación	Tiempo Total Repar.	Cantidad de fallas	MTTR hrs/falla	MTBF	Disponibilidad
744.0	42.0	9.0	4.7	82.7	94.66%
720.0	27.5	5.0	5.5	144.0	96.32%
744.0	45.0	11.0	4.1	67.6	94.30%
744.0	35.5	7.0	5.1	106.3	95.45%
672.0	13.5	3.0	4.5	224.0	98.03%
720.0	8.0	3.0	2.7	240.0	98.90%
240.0	4.0	1.0	4.0	240.0	98.36%

RESUMEN DE REPORTE DE ACTIVIDADES DIARIAS DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO - INTERVENCIONES REALIZADAS AL TRIPPER CAR 04

IT	FECHA INICIO OT	FECHA CIERRE OT	TURNO	PLANTA	TAG EQUIPO	08 DÍGITOS EQUIPOS	TEXTO BREVE	TIPO	SEGÚN	N° Tec			Horas	H:H
										Elec	Auid.	INST		
1.00	6/10/2018	6/10/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en Tripper Car 04, se revisó cable flexible alimentador del tablero, se reparó el cable quedando operativo.	CORR	NOPROG	2			6.0	8.0
2.00	9/10/2018	9/10/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en tablero de Tripper Car 04, se revisó tablero detectándose bobina de contactor dañado, se procedió al cambio.	CORR	NOPROG	2			5.0	8.0
3.00	10/10/2018	10/10/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en sensores de colisión, sensor dañado debido a la excesiva colisión, se procedió a realizar el cambio respectivo, quedando operativo.	CORR	NOPROG	2			3.0	8.0
3.00	12/10/2018	12/10/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Mantenimiento preventivo en motor de desplazamiento de ambos lados (Lado derecho e izquierdo)	PREV	NOPROG	2			4.0	8.0
4.00	14/10/2018	12/10/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en sensores de desplazamiento, sensor no acciona debido a carrera de freno hidráulico, se dejó operativo.	CORR	NOPROG	2			5.0	8.0
5.00	15/10/2018	15/10/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004	Mantenimiento correctivo en Tripper Car 04, freno de motor de desplazamiento lado derecho no abre, se observó falla en tablero de control, se realizó mantenimiento a contactor.	CORR	NOPROG	2			5.3	8.0
6.00	18/10/2018	19/10/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en Tripper Car 04, falla en el motor de bomba hidráulica de freno, se detectó excesiva contaminación en el tablero, originando problemas en los contactores.	CORR	NOPROG	2			5.0	8.0
7.00	23/10/2018	23/10/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en Tripper Car 04, recalentamiento de freno de motor de desplazamiento lado derecho, freno pegado, se regresa a condición de operación.	CORR	NOPROG	2			6.0	8.0
8.00	23/10/2018	23/10/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en Tripper Car 04, falla en freno de motor de desplazamiento lado izquierdo, freno de motor dañado, se realiza el cambio del mismo.	CORR	NOPROG	2			6.0	8.0
9.00	1/11/2018	1/11/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención, inspección y limpieza de motor, ajuste de borneras, tableros de control, tripper car 5730-TC-0004	CORR	NOPROG	1			4.5	12.0
10.00	5/11/2018	5/11/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en el tablero de control del tripper car 5730-TC-0004	CORR	NOPROG	2			4.0	7.0
11.00	7/11/2018	7/11/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en sistema de control, falla en sensor de freno hidráulico, del tripper car 5730-TC-0004	CORR	NOPROG	2			4.5	7.0
12.00	12/11/2018	12/11/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004	Revisión de circuito de fuerza y control en el tablero, motores de desplazamiento inoperativos, del tripper car 5730-TC-004	CORR	NOPROG	2			5.0	7.0
13.00	17/11/2018	17/11/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en sistema de instrumentación, switch de confirmación de sensor de colisionamiento, Tripper car 5730-TC-004	CORR	NOPROG	2			3.0	6.0
14.00	21/11/2018	21/11/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en Tripper Car 04, mantenimiento de contactores, ajuste de terminales, se dejó operativo, sellado de agujeros tableros.	CORR	NOPROG	2			3.5	7.0
15.00	24/11/2018	24/11/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004	Tripper Car 04, motor de cable flex, no avanza en ningún sentido, se detectó contactor dañado.	CORR	NOPROG	2			4.0	8.0
16.00	27/11/2018	27/11/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en tablero de fuerza y control de motor de bomba hidráulica, Limpieza Sopleteo y Ajustes de Bornes de Conexión en Tripper Car 5740-TC-004	CORR	NOPROG	2			3.5	7.0
17.00	28/11/2018	28/11/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en Tripper Car 5730-TC-004, se encontro cable flex dañado.	CORR	NOPROG	2			4.0	10.0
18.00	30/11/2018	30/11/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Revisión de Tablero / Cambio de Contactador de Tripper Car 5730-TC-004	CORR	NOPROG	2			4.5	6.0
19.00	7/12/2018	7/12/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en Tripper Car No 04, se revisó motor de freno hidráulico	CORR	NOPROG	2			4.5	4.0
20.00	15/12/2018	15/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en Tripper Car No 04, botonera de Stop no acciona, se revisó y se encontro botonera pegada, se realizó el respectivo cambio.	CORR	NOPROG	2			3.0	4.0
21.00	21/12/2018	21/12/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004		CORR	NOPROG	2			3.5	4.0
22.00	25/12/2018	25/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004		CORR	NOPROG	2			4.0	4.0
23.00	30/12/2018	30/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004		CORR	NOPROG	2			4.5	4.0
24.00	22/12/2018	22/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en Tripper Car No 04, sensor de desplazamiento no acciona, se realizó el mantenimiento respectivo.	CORR	NOPROG	2			3.5	4.0
25.00	22/12/2018	22/12/2018	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en Tripper Car No 04, sensor de desplazamiento no acciona, se realizó el mantenimiento respectivo.	CORR	NOPROG	2			4.5	4.0
26.00	22/12/2018	22/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en Tripper Car No 04, sensor de desplazamiento no acciona, se realizó el mantenimiento respectivo.	CORR	NOPROG	2			3.5	4.0
27.00	22/12/2018	22/12/2018	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en Tripper Car No 04, sensor de desplazamiento no acciona, se realizó el mantenimiento respectivo.	CORR	NOPROG	2			4.0	4.0
28.00	1/01/2019	1/01/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Amarillado de planos del tripper car 5730-TC-0004	PREV	PROG	2			5.0	6.0
29.00	4/01/2019	4/01/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Reparación del cable enrollador del tripper car 5730-TC-0004	CORR	NOPROG	2			3.5	5.0
30.00	9/01/2019	9/01/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en sistema de control, switch de retroceso no actúa, se realizó el mantenimiento correctivo, 5730-TC-0004	CORR	NOPROG	2			4.5	12.0
31.00	14/01/2019	14/01/2019	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004	Revisión de freno de motor de motor, se observó que freno se quedó pegado. No llega señal de tablero hacia motor, del tripper car 5730-TC-004	CORR	NOPROG	2			5.0	12.0
32.00	18/01/2019	18/01/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Falla en motor de desplazamiento, lado izquierdo, no hay desplazamiento en retroceso, Tripper Car 5730-TC-004	CORR	NOPROG	2			3.5	12.0
33.00	22/01/2019	22/01/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Revisión de tablero de control alarma de colisión inoperativa, de tripper car 5730-TC-004	CORR	NOPROG	2			4.0	6.0
34.00	23/01/2019	23/01/2019	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004	Mantenimiento a motor de bomba hidráulica de frenos, del tripper car 5730-TC-004	PREV	PROG	2			4.5	6.0
35.00	26/01/2019	26/01/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Falla en motor de desplazamiento, lado derecho, no hay desplazamiento en retroceso, Tripper Car 5730-TC-0004	CORR	NOPROG	2			4.5	6.0
36.00	29/01/2019	29/01/2019	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en tablero de control de Tripper car 04, cable flex en mal estado, se procedió a reparar con cinta vulcanizante.	CORR	NOPROG	1			4.5	3.0
37.00	4/02/2019	4/02/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en Tripper Car No 04, se revisó freno, el cual se encontró pegado, recalentando al motor, se realizó el megado para verificar correcto estado de aislamiento.	CORR	NOPROG	2			4.0	4.0
38.00	11/02/2019	15/02/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en Tripper Car 04, cambio de contactor, ajuste de terminales, se dejó operativo, sellado de agujeros tableros.	CORR	NOPROG	2			3.5	4.0
39.00	11/02/2019	15/02/2019	NOCHE	HPGR	5730-TC-004	052-004	Mantenimiento a motor de bomba de freno hidráulico	PREV	PROG	2			4.0	4.0
40.00	14/02/2019	22/02/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Intervención en Tripper Car No 04, se revisó freno de motor, se procedió a revisar el circuito de fuerza y control, quedando operativo.	CORR	NOPROG	2			3.0	4.0
41.00	1/04/2019	1/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Mantenimiento, revisión de motor de cable enrollador del tripper car 5730-TC-0004	PREV	PROG	2			3.5	5.0
42.00	3/04/2019	3/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Mantenimiento preventivo, sistema de instrumentación, Limpieza y ajuste de terminales, de tripper car 5730-TC-004	PREV	PROG	2			4.5	7.0
43.00	3/04/2019	3/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Mantenimiento preventivo, Limpieza de motor y tableros, Limpieza de motor faia tripper car 5730-TC-004	PREV	PROG	2			5.0	7.0
44.00	5/04/2019	5/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Mantenimiento en tablero de motor de bomba hidráulica de freno, pruebas de avance y retroceso del tripper car 5730-TC-0004	CORR	NOPROG	2			3.5	12.0
45.00	29/04/2019	29/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Mantenimiento preventivo, Limpieza de motor y tableros, Ajuste de borneras de motor faia tripper car 5730-TC-004	PREV	PROG	2			3.5	22.0
46.00	29/04/2019	29/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Mantenimiento Correctivo, switch de freno hidráulico no acciona, limpieza de sensor, 5730-TC-0004	CORR	NOPROG	2			4.5	22.0
47.00	29/04/2019	29/04/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Mantenimiento preventivo, limpieza de motor y tableros, ajuste de borneras de motor de tripper car 5730-TC-0004	PREV	PROG	2			3.0	22.0
48.00	1/05/2019	1/05/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Mantenimiento preventivo en motor enrollador de cable flex, inspección y limpieza de motor, ajuste de borneras, tripper car 5730-TC-0004	PREV	PROG	1			12.0	12.0
49.00	11/05/2019	11/05/2019	DIA	HPGR	5730-TC-004	052-004	Normalizo una falla en el tripper car 4 respecto al STOP	PREV	PROG	2			1.0	2.0

PLANTA HPGR Y ZARANDA
PLANTA MAGNÉTICA NUEVA
PLANTA FILTROS NUEVA
PLANTA RELAVES NUEVA

HPGR
MAG
FLT
REL

INDICADORES QUINCENAL

Tiempo de Operación	Tiempo Total Repar.	Cantidad de fallas	MTTR hrs/falla	MTBF	Disponibilidad
360.0	24.3	5.0	4.9	72.0	93.68%
384.0	17.0	3.0	5.7	128.0	95.76%
360.0	18.0	4.0	4.5	90.0	95.24%
360.0	22.5	6.0	3.8	60.0	94.12%
360.0	15.0	4.0	3.8	90.0	96.00%
384.0	20.0	5.0	4.0	76.8	95.05%
360.0	13.0	3.0	4.3	120.0	96.51%
384.0	16.5	4.0	4.1	96.0	95.88%
672.0	10.5	3.0	3.5	224.0	98.46%
360.0	3.5	1.0	3.5	360.0	99.04%
360.0	4.5	1.0	4.5	360.0	98.77%
360.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00%

INDICADORES MENSUAL

Tiempo de Operación	Tiempo Total Repar.	Cantidad de fallas	MTTR hrs/falla	MTBF	Disponibilidad
744.0	41.3	8.0	5.2	93.0	94.74%
720.0	40.5	10.0	4.1	72.0	94.67%
744.0	35.0	9.0	3.9	82.7	95.51%
744.0	29.5	7.0	4.2	106.3	96.19%
672.0	10.5	3.0	3.5	224.0	98.46%
720.0	8.0	2.0	4.0	360.0	98.90%
360.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00%

**INDICADORES DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO E INSTRUMENTACIÓN -
TRIPPER CAR 03**

	T.Operacion	Tiempo Total Repar.	Fallas	MTTR hrs/falla	MTBF	Disponibilidad
OCT.	744.00	42.00	9.00	4.67	82.67	94.66%
NOV.	720.00	27.50	5.00	5.50	144.00	96.32%
DIC.	744.00	45.00	11.00	4.09	67.64	94.30%
ENE.	744.00	35.50	7.00	5.07	106.29	95.45%
FEB	672.00	13.50	6.00	4.50	224.00	98.03%
MAR.	744.00	12.15	6.00	5.40	235.20	98.13%
ABR.	720.00	12.00	3.00	2.67	240.00	98.90%
MAY.	240.00	4.00	1.00	4.00	240.00	98.36%

--> Mes en que se comenzó con la implementación

**INDICADORES DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO E INSTRUMENTACIÓN -
TRIPPER CAR 04**

	T.Operacion	Tiempo Total Repar.	Fallas	MTTR hrs/falla	MTBF	Disponibilidad
OCT.	744.00	41.30	8.00	5.16	93.00	94.74%
NOV.	720.00	40.50	10.00	4.05	72.00	94.67%
DIC.	744.00	35.00	9.00	3.89	82.67	95.51%
ENE.	744.00	29.50	7.00	4.21	106.29	96.19%
FEB	672.00	10.50	3.00	3.50	224.00	98.46%
MAR.	744.00	9.45	3.00	4.20	235.20	98.56%
ABR.	720.00	8.00	2.00	4.00	360.00	98.90%
MAY.	360.00	-	-	-	-	0.00%

--> Mes en que se comenzó con la implementación

Coeficientes a_{in} para el contraste de Shapiro-Wilks

n	i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2		0.7071										
3		0.7071	0.0000									
4		0.6872	0.1677									
5		0.6646	0.2413	0.0000								
6		0.6431	0.2806	0.0875								
7		0.6233	0.3031	0.1401	0.0000							
8		0.6052	0.3164	0.1743	0.0561							
9		0.5888	0.3244	0.1976	0.0947	0.0000						
10		0.5739	0.3291	0.2141	0.1224	0.0399						
11		0.5601	0.3315	0.2260	0.1429	0.0695	0.0000					
12		0.5475	0.3325	0.2347	0.1586	0.0922	0.0303					
13		0.5359	0.3325	0.2412	0.1707	0.1099	0.0539	0.0000				
14		0.5251	0.3318	0.2495	0.1802	0.1240	0.0727	0.0240				
15		0.5150	0.3306	0.2495	0.1878	0.1353	0.0880	0.0433	0.0000			
16		0.5056	0.3290	0.2521	0.1988	0.1447	0.1005	0.0593	0.0196			
17		0.4968	0.3273	0.2540	0.1988	0.1524	0.1109	0.0725	0.0359	0.0000		
18		0.4886	0.3253	0.2553	0.2027	0.1587	0.1197	0.0837	0.0496	0.0163		
19		0.4808	0.3232	0.2561	0.2059	0.1641	0.1271	0.0932	0.0612	0.0303	0.0000	
20		0.4734	0.3211	0.2565	0.2085	0.1686	0.1334	0.1013	0.0711	0.0422	0.0140	
21		0.4643	0.3185	0.2578	0.2119	0.1736	0.1339	0.1092	0.0804	0.0530	0.0263	0.0000
22		0.4590	0.3156	0.2571	0.2131	0.1764	0.1443	0.1150	0.0878	0.0618	0.0368	0.0122
23		0.4542	0.3126	0.2563	0.2139	0.1787	0.1480	0.1201	0.0941	0.0696	0.0459	0.0228
24		0.4493	0.3098	0.2554	0.2145	0.1807	0.1512	0.1245	0.0997	0.0764	0.0539	0.0321
25		0.4450	0.3069	0.2543	0.2148	0.1822	0.1539	0.1283	0.1046	0.0823	0.0610	0.0403
26		0.4407	0.3043	0.2533	0.2151	0.1836	0.1563	0.1316	0.1089	0.0876	0.0672	0.0476
27		0.4366	0.3018	0.2522	0.2152	0.1848	0.1584	0.1346	0.1128	0.0923	0.0728	0.0540
28		0.4328	0.2992	0.2510	0.2151	0.1857	0.1601	0.1372	0.1162	0.0965	0.0778	0.0598
29		0.4291	0.2968	0.2499	0.2150	0.1864	0.1616	0.1395	0.1192	0.1002	0.0822	0.0650
30		0.4254	0.2944	0.2487	0.2148	0.1870	0.1630	0.1415	0.1219	0.1036	0.0862	0.0697
31		0.4220	0.2921	0.2475	0.2145	0.1874	0.1641	0.1433	0.1243	0.1066	0.0899	0.0739
32		0.4188	0.2898	0.2463	0.2141	0.1878	0.1651	0.1449	0.1265	0.1093	0.0931	0.0777
33		0.4156	0.2876	0.2451	0.2137	0.1880	0.1660	0.1463	0.1284	0.1118	0.0961	0.0812
34		0.4127	0.2854	0.2439	0.2132	0.1882	0.1667	0.1475	0.1301	0.1140	0.0988	0.0844
35		0.4096	0.2834	0.2427	0.2127	0.1883	0.1673	0.1487	0.1317	0.1160	0.1013	0.0873
36		0.4068	0.2813	0.2415	0.2121	0.1883	0.1678	0.1496	0.1331	0.1179	0.1036	0.0900
37		0.4040	0.2794	0.2403	0.2116	0.1883	0.1683	0.1505	0.1344	0.1196	0.1056	0.0924
38		0.4015	0.2774	0.2391	0.2110	0.1881	0.1686	0.1513	0.1356	0.1211	0.1075	0.0947
39		0.3989	0.2755	0.2380	0.2104	0.1880	0.1689	0.1520	0.1366	0.1225	0.1092	0.0967
40		0.3964	0.2737	0.2368	0.2098	0.1878	0.1691	0.1526	0.1376	0.1237	0.1108	0.0986
41		0.3940	0.2719	0.2357	0.2091	0.1876	0.1693	0.1531	0.1384	0.1249	0.1123	0.1004
42		0.3917	0.2701	0.2345	0.2085	0.1874	0.1694	0.1535	0.1392	0.1259	0.1136	0.1020
43		0.3894	0.2684	0.2334	0.2078	0.1871	0.1695	0.1539	0.1398	0.1269	0.1149	0.1035
44		0.3872	0.2667	0.2323	0.2072	0.1868	0.1695	0.1542	0.1405	0.1278	0.1160	0.1049
45		0.3850	0.2651	0.2313	0.2065	0.1865	0.1695	0.1545	0.1410	0.1286	0.1170	0.1062
46		0.3830	0.2635	0.2302	0.2058	0.1862	0.1695	0.1548	0.1415	0.1293	0.1180	0.1073
47		0.3808	0.2620	0.2291	0.2052	0.1859	0.1695	0.1550	0.1420	0.1300	0.1189	0.1085
48		0.3789	0.2604	0.2281	0.2045	0.1855	0.1693	0.1551	0.1423	0.1306	0.1197	0.1095
49		0.3770	0.2589	0.2271	0.2038	0.1851	0.1692	0.1553	0.1427	0.1312	0.1205	0.1105
50		0.3751	0.2574	0.2260	0.2032	0.1847	0.1691	0.1554	0.1430	0.1317	0.1212	0.1113

Coefficientes a_{in} para el contraste de Shapiro-Wilks

i n	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
24	0.0107										
25	0.0200	0.0000									
26	0.0284	0.0094									
27	0.0358	0.0178	0.0000								
28	0.0424	0.0253	0.0084								
29	0.0483	0.0320	0.0159	0.0000							
30	0.0537	0.0381	0.0227	0.0076							
31	0.0585	0.0435	0.0289	0.0144	0.0000						
32	0.0629	0.0485	0.0344	0.0206	0.0068						
33	0.0669	0.0530	0.0395	0.0262	0.0187	0.0000					
34	0.0706	0.0572	0.0441	0.0314	0.0187	0.0062					
35	0.0739	0.0610	0.0484	0.0361	0.0239	0.0119	0.0000				
36	0.0770	0.0645	0.0523	0.0404	0.0287	0.0172	0.0057				
37	0.0798	0.0677	0.0559	0.0444	0.0331	0.0220	0.0110	0.0000			
38	0.0824	0.0706	0.0592	0.0481	0.0372	0.0264	0.0158	0.0053			
39	0.0848	0.0733	0.0622	0.0515	0.0409	0.0305	0.0203	0.0101	0.0000		
40	0.0870	0.0759	0.0651	0.0546	0.0444	0.0343	0.0244	0.0146	0.0049		
41	0.0891	0.0782	0.0677	0.0575	0.0476	0.0379	0.0283	0.0188	0.0094	0.0000	
42	0.0909	0.0804	0.0701	0.0602	0.0506	0.0411	0.0318	0.0227	0.0136	0.0045	
43	0.0927	0.0824	0.0724	0.0628	0.0534	0.0442	0.0352	0.0263	0.0175	0.0087	0.0000
44	0.0943	0.0842	0.0745	0.0651	0.0560	0.0471	0.0383	0.0296	0.0211	0.0126	0.0042
45	0.0959	0.0860	0.0765	0.0673	0.0584	0.0497	0.0412	0.0328	0.0245	0.0163	0.0081
46	0.0972	0.0876	0.0783	0.0694	0.0607	0.0522	0.0439	0.0357	0.0277	0.0197	0.0118
47	0.0986	0.0892	0.0801	0.0713	0.0628	0.0546	0.0465	0.0385	0.0307	0.0229	0.0153
48	0.0998	0.0906	0.0817	0.0731	0.0648	0.0568	0.0489	0.0411	0.0335	0.0259	0.0185
49	0.1010	0.0919	0.0832	0.0748	0.0667	0.0588	0.0511	0.0436	0.0361	0.0288	0.0215
50	0.1020	0.0932	0.0846	0.0764	0.0685	0.0608	0.0532	0.0459	0.0386	0.0314	0.0244

i n	23	24	25
45	0.0000		
46	0.0039		
47	0.0076	0.0000	
48	0.0111	0.0037	
49	0.0143	0.0071	0.0000
50	0.0174	0.0104	0.0035

Niveles de significación para el contraste de Shapiro-Wilks.

n	0.01	0.02	0.05	0.1	0.5	0.9	0.95	0.98	0.99
3	0.753	0.756	0.767	0.789	0.959	0.998	0.999	1.000	1.000
4	0.687	0.707	0.748	0.792	0.935	0.987	0.992	0.996	0.997
5	0.686	0.715	0.762	0.806	0.927	0.979	0.986	0.991	0.993
6	0.713	0.743	0.788	0.826	0.927	0.974	0.981	0.986	0.989
7	0.730	0.760	0.803	0.838	0.928	0.972	0.979	0.985	0.988
8	0.749	0.778	0.818	0.851	0.932	0.972	0.978	0.984	0.987
9	0.764	0.791	0.829	0.859	0.935	0.972	0.978	0.984	0.986
10	0.781	0.806	0.842	0.869	0.938	0.972	0.978	0.983	0.986
11	0.792	0.817	0.850	0.876	0.940	0.973	0.979	0.984	0.986
12	0.805	0.828	0.859	0.883	0.943	0.973	0.979	0.984	0.986
13	0.814	0.837	0.866	0.889	0.945	0.974	0.979	0.984	0.986
14	0.825	0.846	0.874	0.895	0.947	0.975	0.980	0.984	0.986
15	0.835	0.855	0.881	0.901	0.950	0.975	0.980	0.984	0.987
16	0.844	0.863	0.887	0.906	0.952	0.976	0.981	0.985	0.987
17	0.851	0.869	0.892	0.910	0.954	0.977	0.981	0.985	0.987
18	0.858	0.874	0.897	0.914	0.956	0.978	0.982	0.986	0.988
19	0.863	0.879	0.901	0.917	0.957	0.978	0.982	0.986	0.988
20	0.868	0.884	0.905	0.920	0.959	0.979	0.983	0.986	0.988
21	0.873	0.888	0.908	0.923	0.960	0.980	0.983	0.987	0.989
22	0.878	0.892	0.911	0.926	0.961	0.980	0.984	0.987	0.989
23	0.881	0.895	0.914	0.928	0.962	0.981	0.984	0.987	0.989
24	0.884	0.898	0.916	0.930	0.963	0.981	0.984	0.987	0.989
25	0.888	0.901	0.918	0.931	0.964	0.981	0.985	0.988	0.989
26	0.891	0.904	0.920	0.933	0.965	0.982	0.985	0.988	0.989
27	0.894	0.906	0.923	0.935	0.965	0.982	0.985	0.988	0.990
28	0.896	0.908	0.924	0.936	0.966	0.982	0.985	0.988	0.990
29	0.898	0.910	0.926	0.937	0.966	0.982	0.985	0.988	0.990
30	0.900	0.912	0.927	0.939	0.967	0.983	0.985	0.988	0.990
31	0.902	0.914	0.929	0.940	0.967	0.983	0.986	0.988	0.990
32	0.904	0.915	0.930	0.941	0.968	0.983	0.986	0.988	0.990
33	0.906	0.917	0.931	0.942	0.968	0.983	0.986	0.989	0.990
34	0.908	0.919	0.933	0.943	0.969	0.983	0.986	0.989	0.990
35	0.910	0.920	0.934	0.944	0.969	0.984	0.986	0.989	0.990
36	0.912	0.922	0.935	0.945	0.970	0.984	0.986	0.989	0.990
37	0.914	0.924	0.936	0.946	0.970	0.984	0.987	0.989	0.990
38	0.916	0.925	0.938	0.947	0.971	0.984	0.987	0.989	0.990
39	0.917	0.927	0.939	0.948	0.971	0.984	0.987	0.989	0.991
40	0.919	0.928	0.940	0.949	0.972	0.985	0.987	0.989	0.991
41	0.920	0.929	0.941	0.950	0.972	0.985	0.987	0.989	0.991
42	0.922	0.930	0.942	0.951	0.972	0.985	0.987	0.989	0.991
43	0.923	0.932	0.943	0.951	0.973	0.985	0.987	0.990	0.991
44	0.924	0.933	0.944	0.952	0.973	0.985	0.987	0.990	0.991
45	0.926	0.934	0.945	0.953	0.973	0.985	0.988	0.990	0.991
46	0.927	0.935	0.945	0.953	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
47	0.928	0.936	0.946	0.954	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
48	0.929	0.937	0.947	0.954	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
49	0.929	0.937	0.947	0.955	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991
50	0.930	0.938	0.947	0.955	0.974	0.985	0.988	0.990	0.991

Límites de significación para el test de Durbin-Watson usando un regresor.

	$\alpha = 0.01$	$\alpha = 0.025$	$\alpha = 0.05$
n	(d_l, d_u)	(d_l, d_u)	(d_l, d_u)
15	(0.813, 1.072)	(0.949, 1.222)	(1.077, 1.361)
16	(0.845, 1.088)	(0.980, 1.235)	(1.106, 1.371)
17	(0.876, 1.103)	(1.009, 1.249)	(1.133, 1.381)
18	(0.903, 1.118)	(1.036, 1.261)	(1.157, 1.391)
19	(0.929, 1.133)	(1.061, 1.274)	(1.181, 1.401)
20	(0.953, 1.148)	(1.083, 1.286)	(1.197, 1.410)
21	(0.976, 1.161)	(1.104, 1.298)	(1.221, 1.420)
22	(0.998, 1.174)	(1.124, 1.300)	(1.240, 1.429)
23	(1.018, 1.187)	(1.143, 1.319)	(1.257, 1.437)
24	(1.037, 1.199)	(1.161, 1.329)	(1.273, 1.446)
25	(1.056, 1.211)	(1.178, 1.340)	(1.288, 1.454)
26	(1.072, 1.222)	(1.193, 1.349)	(1.302, 1.461)
27	(1.089, 1.233)	(1.209, 1.358)	(1.316, 1.469)
28	(1.104, 1.244)	(1.223, 1.367)	(1.328, 1.476)
29	(1.119, 1.256)	(1.230, 1.375)	(1.341, 1.483)
30	(1.133, 1.263)	(1.249, 1.383)	(1.352, 1.489)
31	(1.147, 1.273)	(1.262, 1.391)	(1.363, 1.496)
32	(1.160, 1.282)	(1.272, 1.398)	(1.373, 1.502)
33	(1.172, 1.291)	(1.284, 1.406)	(1.384, 1.509)
34	(1.185, 1.299)	(1.294, 1.413)	(1.393, 1.514)
35	(1.195, 1.307)	(1.305, 1.420)	(1.402, 1.519)
36	(1.206, 1.315)	(1.314, 1.426)	(1.410, 1.524)
37	(1.216, 1.322)	(1.324, 1.433)	(1.419, 1.530)
38	(1.227, 1.330)	(1.333, 1.439)	(1.427, 1.535)
39	(1.237, 1.337)	(1.342, 1.445)	(1.435, 1.539)
40	(1.246, 1.344)	(1.350, 1.450)	(1.442, 1.544)
45	(1.288, 1.375)	(1.388, 1.477)	(1.475, 1.566)
50	(1.324, 1.403)	(1.420, 1.500)	(1.503, 1.585)
55	(1.356, 1.427)	(1.447, 1.520)	(1.528, 1.602)
60	(1.383, 1.448)	(1.471, 1.538)	(1.549, 1.616)
65	(1.407, 1.468)	(1.492, 1.554)	(1.567, 1.630)
70	(1.429, 1.485)	(1.511, 1.569)	(1.583, 1.641)
75	(1.448, 1.501)	(1.529, 1.582)	(1.598, 1.652)
80	(1.466, 1.515)	(1.544, 1.594)	(1.611, 1.662)
85	(1.482, 1.528)	(1.557, 1.604)	(1.624, 1.671)
90	(1.497, 1.540)	(1.570, 1.615)	(1.634, 1.680)
95	(1.510, 1.551)	(1.582, 1.624)	(1.645, 1.687)
100	(1.523, 1.562)	(1.593, 1.633)	(1.654, 1.695)

TABLAS DE LOS CINCO PRIMEROS POLINOMIOS ORTOGONALES (DATOS EQUIDISTANTES) $n = 3, \dots, 19$.

$$\begin{aligned}
 P_0(z) &= 1 \quad ; \quad P_1(z) = \lambda_1 z \\
 P_2(z) &= \lambda_2 \left\{ z^2 - \frac{1}{12}(n^2 - 1) \right\} \\
 P_3(z) &= \lambda_3 \left\{ z^3 - \frac{1}{20}(3n^2 - 7)z \right\} \\
 P_4(z) &= \lambda_4 \left\{ z^4 - \frac{1}{14}(3n^2 - 13)z^2 + \frac{3}{560}(n^2 - 1)(n^2 - 9) \right\} \\
 P_5(z) &= \lambda_5 \left\{ z^5 - \frac{5}{18}(n^2 - 7)z^3 + \frac{1}{1008}(15n^4 - 230n^2 + 407)z \right\}
 \end{aligned}$$

$n = 3$			$n = 4$			$n = 5$				$n = 6$							
	P_1	P_2		P_1	P_2	P_3	P_4		P_1	P_2	P_3	P_4	P_5				
	0	-2		1	-1	-3		0	-2	0	6		1	-4	-4	2	10
	1	1		3	1	1		1	-1	-2	-4		3	-1	-7	-3	-5
A_{ii}	2	6	A_{ii}	20	4	20	A_{ii}	10	14	10	70	A_{ii}	70	84	180	28	252
λ_i	1	3	λ_i	2	1	$\frac{10}{3}$	λ_i	1	1	$\frac{5}{6}$	$\frac{35}{12}$	λ_i	2	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{7}{12}$	$\frac{21}{10}$

$n = 7$					$n = 8$					$n = 9$							
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5		P_1	P_2	P_3	P_4	P_5		P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
	0	-4	0	6	0		1	-5	-3	9	15		0	-20	0	18	0
	1	-3	-1	1	5		3	-3	-7	-3	17		1	-17	-9	9	9
	2	0	-1	-7	-4		5	1	-5	-13	-23		2	-8	-13	-11	4
	3	5	1	3	1		7	7	7	7	7		3	7	-7	-21	-11
A_{ii}	28	84	6	154	84	A_{ii}	168	168	264	616	2184	A_{ii}	60	2772	990	2002	468
λ_i	1	1	$\frac{1}{6}$	$\frac{7}{12}$	$\frac{7}{20}$	λ_i	2	1	$\frac{2}{3}$	$\frac{7}{12}$	$\frac{7}{10}$	λ_i	1	3	$\frac{5}{6}$	$\frac{7}{12}$	$\frac{3}{20}$

$n = 10$						$n = 11$					
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5		P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
	1	-4	-12	18	6		0	-10	0	6	0
	3	-3	-31	3	11		1	-9	-14	4	4
	5	-1	-35	-17	1		2	-6	-23	-1	4
	7	2	-14	-22	-14		3	-1	-22	-6	-1
	9	6	42	18	6		4	6	-6	-6	-6
A_{ii}	330	132	8580	2860	780	A_{ii}	110	858	4290	286	156
λ_i	2	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{5}{12}$	$\frac{1}{10}$	λ_i	1	1	$\frac{5}{6}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{40}$

$n = 12$					$n = 13$						
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5		P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
	1	-35	-7	28	20		0	-14	0	84	0
	3	-29	-19	12	44		1	-13	-4	64	20
	5	-17	-25	-13	29		2	-10	-7	11	26
	7	1	-21	-33	-21		3	-5	-8	-54	11
	9	25	-3	-27	-57		4	2	-6	-96	-18
	11	55	33	33	33		5	11	0	-66	-33
A_{ii}	572	12012	5148	8008	15912	A_{ii}	182	2002	572	68068	6188
λ_i	2	3	$\frac{2}{3}$	$\frac{7}{24}$	$\frac{3}{20}$	λ_i	1	1	$\frac{1}{6}$	$\frac{7}{12}$	$\frac{7}{120}$

$n = 14$

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
1	-8	-24	108	60	
3	-7	-67	63	145	
5	-5	-95	-13	139	
7	-2	-98	-92	28	
9	2	-66	-132	-132	
11	7	11	-77	-187	
13	13	143	143	143	
A_{ii}	910	728	97240	136136	235144
λ_i	2	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{7}{12}$	$\frac{7}{30}$

$n = 15$

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
0	-56	0	756	0	
1	-53	-27	621	675	
2	-44	-49	251	1000	
3	-29	-61	-249	751	
4	-8	-58	-704	-44	
5	19	-35	-869	-979	
6	52	13	-429	-1144	
7	91	91	1001	1001	
A_{ii}	280	37128	39780	6466460	10581480
λ_i	1	3	$\frac{5}{6}$	$\frac{35}{12}$	$\frac{21}{20}$

$n = 16$

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
1	-21	-63	189	45	
3	-19	-179	129	115	
5	-15	-265	23	131	
7	-9	-301	-101	77	
9	-1	-267	-201	-33	
11	9	-143	-221	-143	
13	21	91	-91	-143	
15	35	455	273	143	
A_{ii}	1360	5712	1007760	470288	201552
λ_i	2	1	$\frac{10}{3}$	$\frac{7}{12}$	$\frac{1}{10}$

$n = 17$

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
0	-24	0	36	0	
1	-23	-7	31	55	
2	-20	-13	17	88	
3	-15	-17	-3	83	
4	-8	-18	-24	36	
5	1	-15	-39	-39	
6	12	-7	-39	-104	
7	25	7	-13	-91	
8	40	28	52	104	
A_{ii}	408	7752	3876	16796	100776
λ_i	1	1	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{20}$

$n = 18$

z_i	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
1	1	-40	-8	44	220
3	3	-37	-23	33	583
5	5	-31	-35	13	733
7	7	-22	-42	-12	588
9	9	-10	-42	-36	156
11	11	5	-33	-51	-429
13	13	23	-13	-47	-871
15	15	44	20	-12	-676
17	17	68	68	68	884
A_{ii}	1938	23256	23256	28424	6953544
λ_i	2	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{3}{10}$

$n = 19$

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
0	-30	0	396	0	
1	-29	-44	352	44	
2	-26	-83	227	74	
3	-21	-112	42	79	
4	-14	-126	-168	54	
5	-5	-120	-354	3	
6	6	-89	-453	-58	
7	19	-28	-388	-98	
8	34	68	-68	-68	
9	51	204	612	102	
A_{ii}	570	13566	213180	2288132	89148
λ_i	1	1	$\frac{5}{6}$	$\frac{7}{12}$	$\frac{1}{40}$